

# 港湾空港技術研究所 資料

TECHNICAL NOTE  
OF  
THE PORT AND AIRPORT RESEARCH INSTITUTE

No.1358 August 2019

第三世代波浪モデルによるうねり性波浪の推算精度検証

田村 仁  
川口 浩二  
藤木 峻  
末廣 文一

国立研究開発法人 海上・港湾・航空技術研究所

National Institute of Maritime,  
Port and Aviation Technology, Japan

## 目 次

要 旨 .....	3
1. はじめに .....	4
2. 第三世代波浪モデルの概要 .....	4
3. 日本沿岸を対象としたハインドキャスト実験 .....	5
3.1 ハインドキャスト実験概要 .....	5
3.2 ハインドキャスト結果 .....	6
3.3 まとめと考察 .....	8
4. 富山湾を対象としたハインドキャスト実験 .....	9
4.1 ハインドキャスト実験概要 .....	9
4.2 ハインドキャスト結果 .....	10
4.3 まとめと考察 .....	12
5. おわりに .....	12
参考文献 .....	12

# Validation of third generation wave models in terms of ocean swells

**Hitoshi TAMURA\***  
**Koji KAWAGUCHI\*\***  
**Takashi FUJIKI\***  
**Fumikazu SUEHIRO\***

## Synopsis

Wave information is of primary importance for design of maritime structures and for the project implementation. NOWPHAS, a wave observation network along the Japanese coast, has been widely used for development, utilization and disaster prevention in coastal area. However, it is also necessary to estimate wave information using a numerical wave model if there is no observational data near the study site. It has been pointed out that the existing third generation wave model has a problem with regard to the reproduction of ocean swells. In this study, we validate the third generation wave model and discuss the applicability of it to coastal wave phenomena “YoriMawari-wave (YM-wave)” by conducting two hindcast experiments. In the Experiment 1, we conducted 3-year wave hindcast for the Japanese coast, and investigated the accuracy of waves statistics estimated with different source term functions. The Experiment 2 focused on an YM-wave event in the Toyama bay and investigated the impact of directional resolution on model results. These experiments demonstrated that the different wave models did not provide significant difference on wave statistics, and neither model can reproduce the wave height during the YM-wave events. On the other hand, the estimated spectral shapes are largely different depending on the directional resolution. The incident wave spectrum at the time of the YM-wave was extremely narrow which can be quantified by Smax parameter as 560, and therefore, it is suggested that the amplitude modulation due to the coherent interference of the quasi-monochromatic wave train could be related to the YM-wave generations.

**Key Words:** Third generation wave model, Swell dominant wave field standing wave,  
Wave hindcast, YoriMawari-waves in the Toyama bay

---

\* Researcher, Marine Information Group

\*\* Leader, Marine Information Group

3-1-1 Nagase, Yokosuka, 239-0826 Japan

Phone : +81-46-844-5048 Fax : +81-46-842-5246 e-mail:htamura@p.mpat.go.jp

# 第三世代波浪モデルによるうねり性波浪の推算精度検証

田村 仁\*・川口 浩二\*\*・藤木 峻\*・末廣 文一\*

## 要 旨

波浪情報は港湾構造物の設計や事業実施計画において第一義的に重要となる。日本沿岸の波浪観測網であるナウファスは沿岸域の開発・利用・防災に幅広く活用されてきている。しかしながら観測地点が設定されていない海域や、設置海域内であっても海象場の局所性が大きくその海域を代表できない場合、数値波浪モデルによる波浪推算が必要となる。既存の第三世代波浪モデルでは特にうねり性波浪の再現精度に関して問題があることが指摘されており、その原因解明とモデル改良は海岸工学における重要研究課題の一つである。本研究では第三世代波浪モデルを用いて2つのハインドキャスト実験を行うことでその推算精度検証とスペクトルモデルの適用限界に関して議論を行った。実験1では日本沿岸を対象とした3年間の波浪計算を行い、第三世代波浪モデルの力学過程（エネルギーソース関数）に起因する計算精度に関して解析を行った。実験2では、富山湾の寄り回り波を対象としてモデルの解像度に対する計算結果の違いを示した。その結果、力学過程に起因する計算結果の差異はそれほど顕著ではなく、有義波高といったバルク統計量はほぼ同様の結果を示した。またいずれのモデルも寄り回り波事例の波高を再現することができなかった。一方で、異なる方向解像度を設定した計算結果からは、特にうねりの伝搬にともなうスペクトル形（方向分散度）が大きく異なることが示された。寄り回り波発生時の入射波スペクトル方向分散度は  $S_{max}$  で560程度にもなる狭帯スペクトルであり、準単色波列の位相干渉による振幅変調が寄り回り波と関連していることを示唆した。

キーワード：第三世代波浪モデル，うねり性波浪，ハインドキャスト，富山湾・寄り回り波

---

\* 海象情報研究グループ・研究官

\*\* 海象情報研究グループ・グループ長

〒239-0826 横須賀市長瀬3-1-1 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所 港湾空港技術研究所  
電話：046-844-5048 Fax：046-842-5246 e-mail:htamura@p.mpati.go.jp

## 1. はじめに

港湾構造物の設計・計画等の事業の実施には波浪情報が第一義的に重要となる。国土交通省港湾局・各地方整備局・北海道開発局・沖縄総合事務局・国土技術政策総合研究所および港湾空港技術研究所（以下、国土交通省港湾局等）の相互協力のもとに構築・運営されるナウファス（NOWPHAS : Nationwide Ocean Wave information network for Ports and HARbourS）は日本沿岸の波浪観測網である。1970年以降継続してデータを取得し、2016年4月現在では78観測地点において波浪の定常観測を実施することで港湾・海岸・空港事業の計画・調査・設計・施工をはじめとした沿岸域の開発・利用・防災に幅広く活用されている。

しかしながら計測機器が設置されていない海域や同海域内であっても海象場の局所性が大きくその海域を代表できない場合、数値波浪モデルによって波浪情報を推算することが必要となる。これまで国土交通省港湾局等ではヨーロッパの波浪研究コミュニティを中心に開発された第三世代波浪モデル WAM（WAve Model, WAMDI group1988）を標準モデルとして、日本沿岸を対象とした波浪推算を行ってきた。追算（ハインドキャスト）結果からは波高に関してはある程度の精度で事象を再現できることが確認されているが、一方で周期に関してはその計算精度の問題が指摘されてきた。また、富山湾の「寄り回り波」に代表されるように、設計波で想定している以上の周期を有するうねりの襲来およびそれに伴う沿岸被害が近年多発しており、波浪モデルによるうねり性波浪の予測と監視は海岸工学分野における重要研究課題の1つとなっている。平成30年度に改訂された港湾の施設の技術上の基準・同解説では新たに「うねり性波浪」の記述が加えられ、港湾構造物の設計の際にはこれまでの方法に加えてうねり性波浪に対しても再現期間を設けて確率波を算定することが推奨されている。つまり学術的・実務的観点からうねり性波浪の現象解明とそれに基づく計算精度の向上が求められている。

本研究では第三世代波浪モデルによる2つのハインドキャスト実験を行うことで、その推算精度検証とスペクトルモデルの適用限界に関して議論を行った。実験1では日本沿岸を対象とし、力学過程の異なる3つの波浪モデルに対してそれらの推算精度検証をナウファス観測値との比較から行った。一方、実験2では富山湾の寄り回り波現象を対象とし、その再現性の確認とモデル解像度に着目した数値実験を通して寄り回り波を引き起こす物理メカニズムの解明を試みた。

## 2. 第三世代波浪モデルの概要

スペクトルモデルは波浪場の統計的な準定常性と準一様性を仮定する。つまり各成分波のスケールがエネルギースペクトルの変動スケールよりごく小さいことを前提とする。また、成分波の位相はランダムに重ね合わさることで干渉項の影響は相殺されることが前提となっている。第三世代波浪モデルはこのスペクトルモデルの考え方をベースとして、波浪場を各成分波の重ね合わせと、それらの非線形相互作用が加わった位相平均場とみなし、その基礎方程式を次の様に表わす。

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \nabla \cdot (\mathbf{c}_g + \mathbf{U})N + \frac{\partial}{\partial \mathbf{k}} \dot{\mathbf{k}}N + \frac{\partial}{\partial \theta} \dot{\theta}N = \frac{S}{\sigma} \quad (1)$$

ここに  $t$ : 時間,  $N$ : 波作用量,  $\mathbf{c}_g$ : 群速度ベクトル,  $\mathbf{U}$ : 背景流ベクトル,  $\dot{\mathbf{k}}$ : 海底地形・背景流による波数シフト,  $\dot{\theta}$ : 方向シフト,  $\sigma$ : 角振動数, および  $S$ : エネルギーソース関数である。エネルギーソース関数  $S$  には、海上風外力によるエネルギー流入、砕波によるエネルギー散逸、そして非線形相互作用の3つの主要項が含まれ、さらに関連する力学過程（例えば海底摩擦による減衰や海底地形による砕波など）が対象とする海域や現象によって考慮される。そのため一般的にはこれが各波浪モデルで取り扱う海洋波力学の特徴を表し、波浪追算や予測の再現精度に関わってくる。

WAM は4波共鳴による非線形相互作用項に DIA 法（Hasselmann ら 1985）を採用することで、世界初の第三世代波浪モデルとして開発され現業波浪予測に用いられた。その後は ECMWF（ヨーロッパ中期予報センター）を中心に改良が進められ（ECWAM）、WAM/cycle4 では Janssen（1989, 1991）による wave-induced stress を考慮した海上風外力項が採用されている。WAM から派生した WAVEWATCH-III<sup>TM</sup>（例えば Tolman 1991, Tolman and Charikov 1996, 以下 WW3）はアメリカ海洋大気局（NOAA）で開発が進められた。現在では第三世代波浪モデルを包括するプラットフォーム的な役割を持つ世界標準モデルとなっており、エネルギーソース関数に関しては5つのオプションが用意されている（Ver 4.18以降）。

本研究では国土交通省港湾局等で標準的なモデルとして用いられてきた WAM/cycle4 と、新たに WW3 v4.18 の /ST3（Bidlot et al, 2005）および /ST4（Ardhuin et al, 2009）のオプションの計3つのモデルを用いてハインドキャスト実験を行い日本沿岸域における波浪推算精度の検証を行った。WW3/ST3 は ECWAM で採用されているエネルギーソース関数を用いていることから、基本的には WAM/cycle4 と同様の物理過程を考慮したものとなる。

一方, WW3/ST4 は WW3 ユーザーの中でも世界標準のエネルギーソース関数となっている。

### 3. 日本沿岸を対象としたハインドキャスト実験

#### 3.1 ハインドキャスト実験概要

まず力学過程の違いによる波浪推算モデル精度を検証するために, 2013年1月1日から2015年12月31日までの3年間を対象にハインドキャスト実験を行った。ここでは上述の通り WW3 v4.18 のエネルギーソース項 ST3 および ST4 の力学過程, また WAM/cycle4 の計3つのモデルを用いて計算を行い NOWPHAS 観測値との比較を行った。

WW3 では多段階ネスティング手法を用いることで効

率的に日本沿岸の波浪ハインドキャストを行った。計算領域は図-3.1の通りであり, 極域を除く全球モデル(空間解像度: 1/2度), 日本沿海モデル(空間解像度: 1/16度), また9個に領域分けされた日本沿岸モデル(空間解像度: 1/32度)の3段階のネスティング(それぞれ順に第一から第三領域まで)構成になっている。スペクトル解像度は周波数に関して 35 grid (0.04-0.635Hz), 方向に関して 36 grid (10度)としているが, これは現業波浪モデル等で一般的に用いられる解像度を想定して設定した。海岸線・海底地形には ETOPO1 (第一領域) と JTOPO30ver2 (第二領域および第三領域)を用い, 一方, 海上風外力には JMA/GSM (第一領域) と JMA/MSM (第二領域および第三領域)を用いている。

WAM についても図-3.2に示す計算領域および3段階

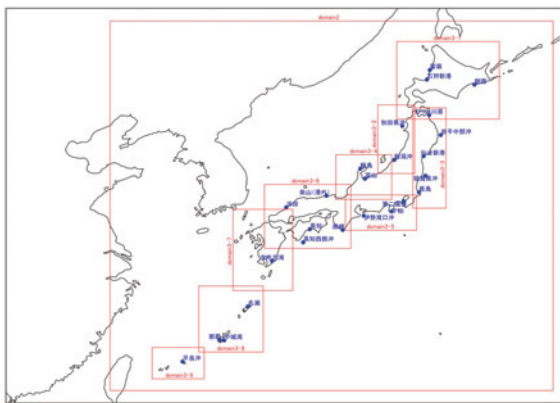


図-3.1 WW3/ST3 および ST4 の計算領域

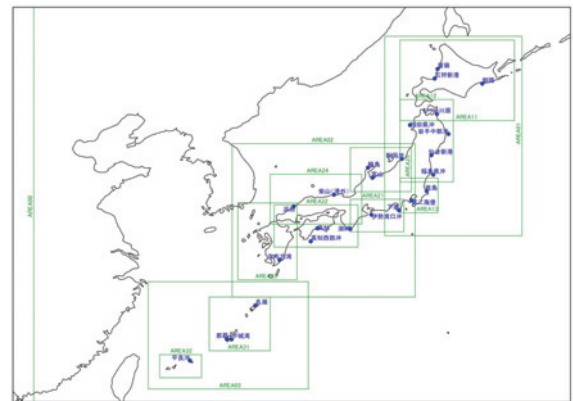


図-3.2 WAM/cycle4 の計算領域

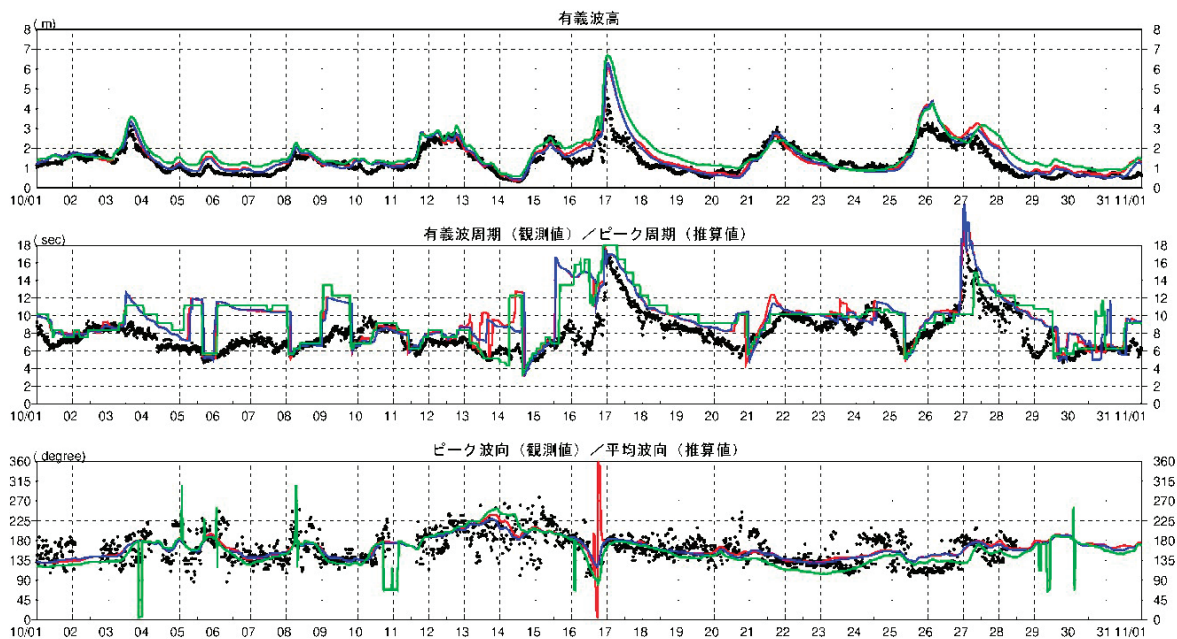


図-3.3 2013年10月の釧路における波浪統計量の時間変動(黒丸: ナウファス観測値, 赤線: WW3/ST3, 青線: WW3/ST4, 緑線: WAM/cycle4)



スティングを用いて計算を行っており、太平洋全域モデル（空間解像度：1/2度）、3個に区分された領域モデル（空間解像度：1/8度）、および10個の沿岸モデル（空間解像度：1/32度）から構成される。スペクトル解像度は周波数に関して35 grid (0.0418-1.067Hz)、方向に関して32 grid (11.25度)で設定されている。深海条件での計算のため海底地形データは用いておらず、海上風外力には太平洋全域モデルおよび領域モデルでJMA/GSMを、沿岸モデルでJMA/MSMを用いている。

比較対象とした観測点は沿岸波浪計20地点（下田，潮岬，高知，中城湾，富山，浜田，釧路，留萌，輪島，新潟沖，平良沖，名瀬，那覇，石狩新港，むつ小河原，仙台新港，鹿島，柴山（港外），志布志湾，第二海堡），およびGPS波浪計5地点（秋田県沖，岩手中部沖，福島県沖，伊勢湾口沖，高知西部沖）である。用いた波浪統計量は波高，周期，波向きである。これらに対し，観測値では有義波高，有義波周期，ピーク波向き，また，計算値では有義波高，ピーク周期，平均波向きをそれぞれ波浪統計量の代表値として用いている。本研究ではうねり性波浪に着目して第三世代波浪モデルの精度検証を行うため，風波とうねりを区別する必要がある。そのため本実験では「港湾の施設の技術上の基準・同解説」にあげ

られている分離手法として，波形勾配が0.025未満かつ有義波周期が8秒以上の海象場をうねりとして判定した（平山ら，2015）。

### 3.2 ハインドキャスト結果

ハインドキャスト結果の一例として，2013年10月の釧路における各種波浪統計量の時間変動を図-3.3に示す。気象擾乱の接近に伴う風波エネルギーの増大が17日および26-27日前後で確認できる。有義波高に関しては，各モデルでこれらのピーク値を過大評価する傾向にあるが，それ以外の期間はかなりの精度で変動パターンとそれらの大きさを再現できていることがわかる。周期に関しては比較に用いる統計量の違い（有義波周期およびピーク周期）から変動傾向は異なる。これはピーク周期（計算値）がスペクトルエネルギーの最大値から得られるため，例えば風波とうねりが混在する双峰スペクトルを有する海象場では，その極大値に対して容易に変動されるためである。一方で，風波の発達に伴う周期の増大化（ピーク周波数のダウンシフティング）をとらえることには成功している。これらの結果から各モデルの違いによる波浪統計量に関しては顕著な差異はこの図からは確認することはできない。

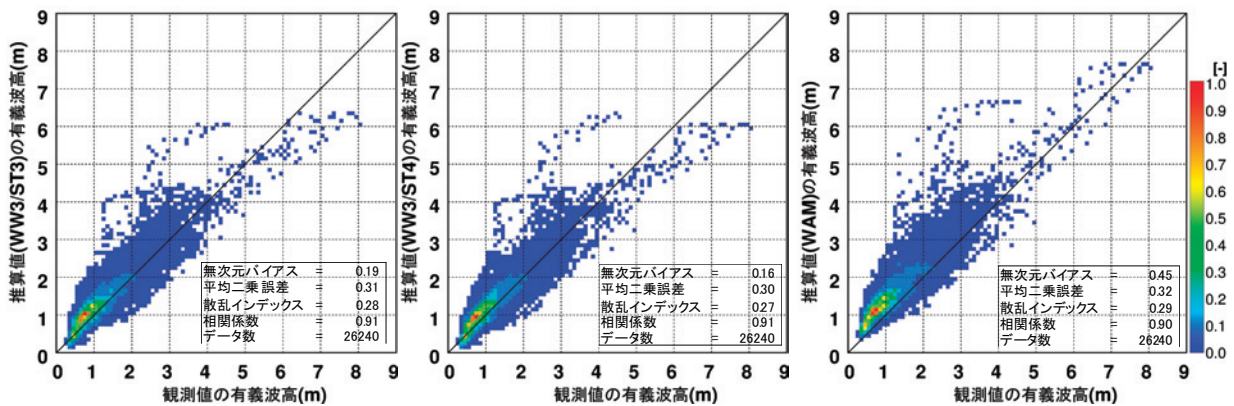


図-3.4 観測波高の比較（左図：WW3/ST3，中図：WW3/ST4，右図：WAM/cycle4）

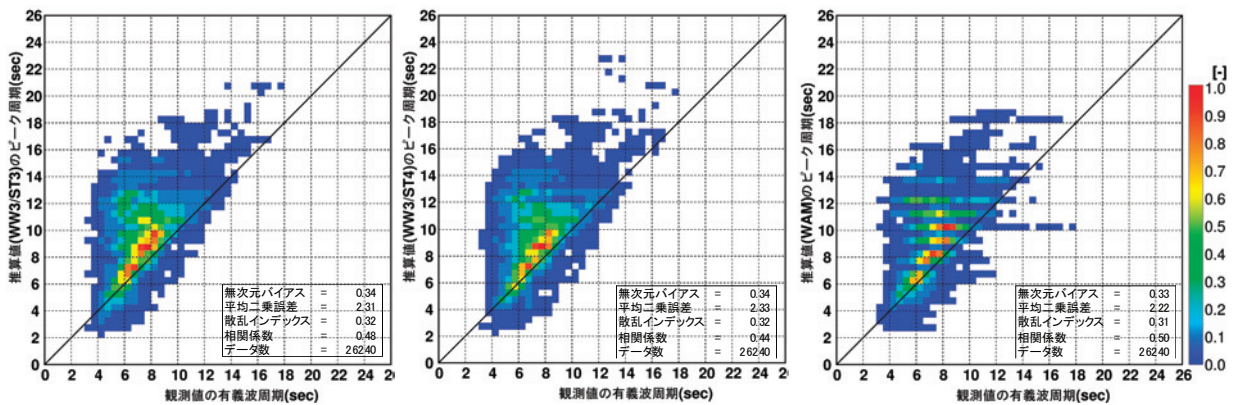


図-3.5 観測周期の比較（左図：WW3/ST3，中図：WW3/ST4，右図：WAM/cycle4）

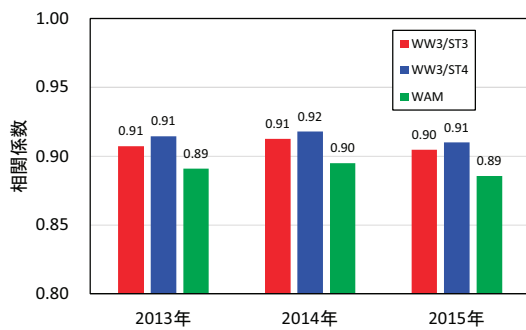
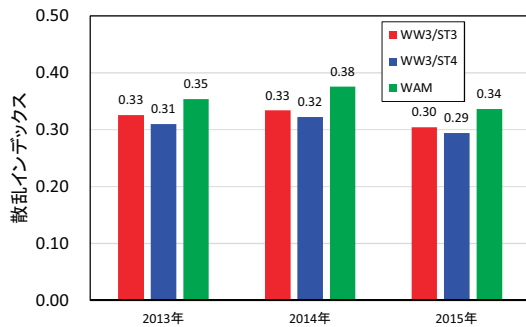
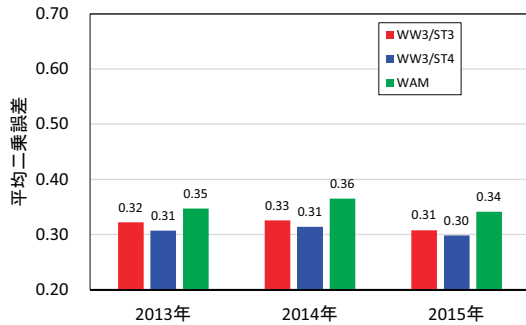
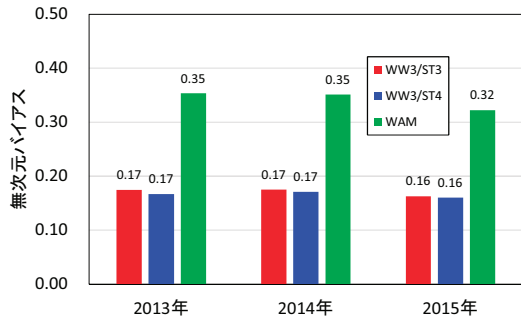


図-3.6 各比較指標の全地点平均（波高）

2013年一年間の釧路における有義波高に関して観測値と推算値を比較したものが図-3.4である。ここでは各有義波高のビンに含まれるデータ数について、その最大値を1として規格化しカラーで表している。それぞれ左から右へ WW3/ST3, WW3/ST4, および WAM/cycle4 による計算結果と観測結果の比較である。比較として用いた各統計指標は無次元バイアス, 平均二乗誤差, 散乱イ

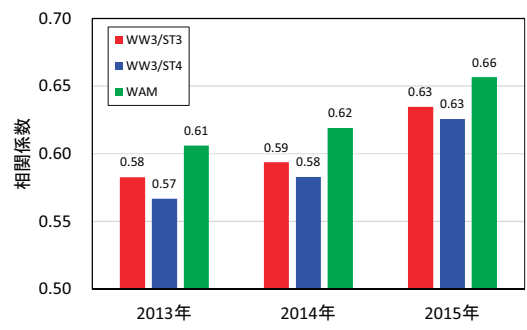
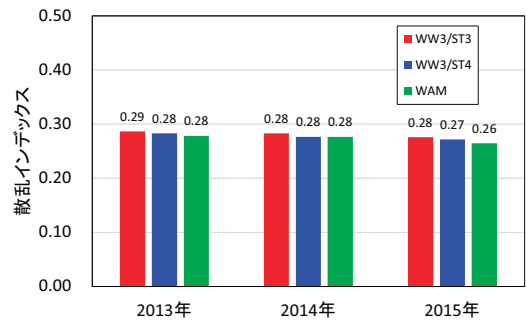
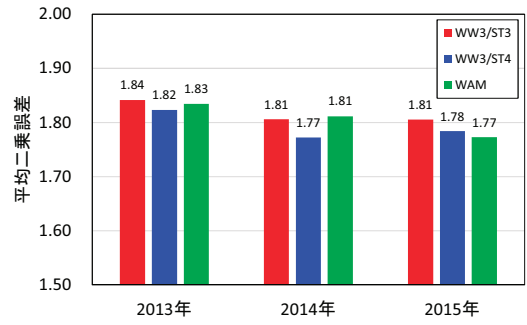
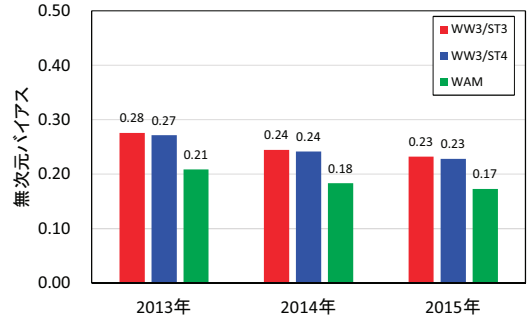


図-3.7 各比較指標の全地点平均（周期）

ンデックスおよび相関係数である。これらを確認すると無次元バイアスに関してはある程度の差が生じており, WW3/ST3 および WW3/ST4 (それぞれ 0.19, 0.16) が WAM/cycle4 (0.45) よりも精度が良いことを示しているが, それ以外の指標に関してはモデル間で顕著な差は生じていない。また, 周期(図-3.5)に関しては全ての指標で同程度の値となっており, モデルパフォーマンスに



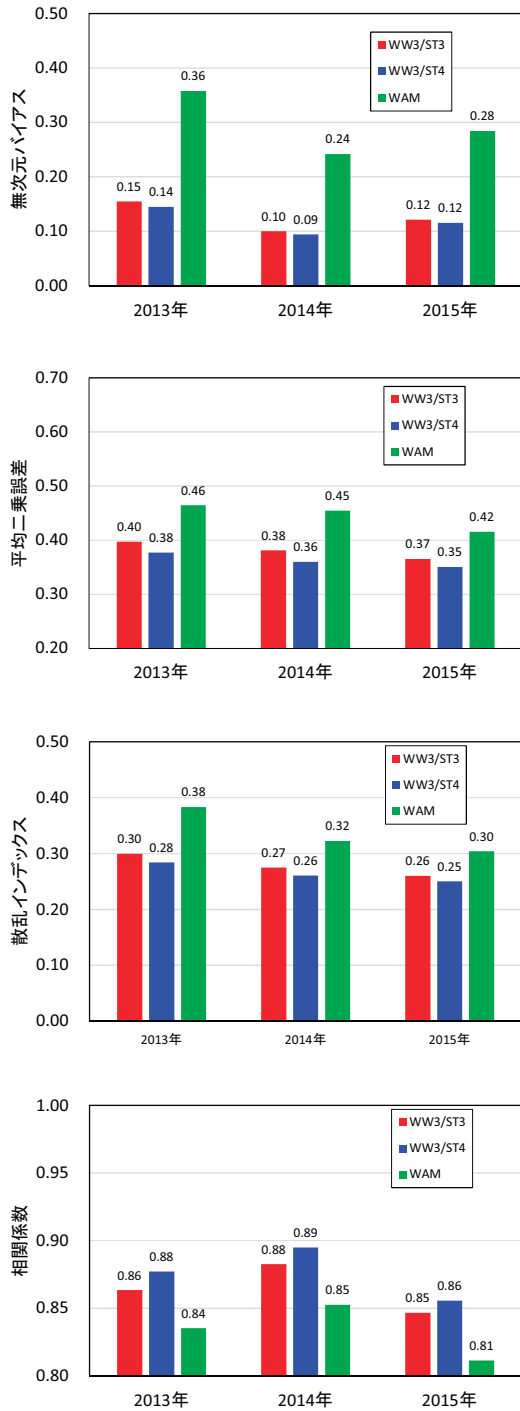


図-3.8 各比較指標の全地点平均（うねり波高）

顕著な差があるとは言えない。

これらの傾向は上図で示した釧路だけでなく、比較対象とした全地点の平均値としても確認できる。図-3.6は各波浪推算モデルにおける各指標の全地点平均（有義波高）を示している。無次元バイアスだけは WW3 と WAM で倍程度の差が生じているがそれ以外はほぼ同様の値となっており、これは周期に関してもモデル間の顕著な差

は確認できない（図-3.7）。

次に、うねり性波浪を対象とした解析結果を示す。上述の通りここでは波形勾配と周期に関する閾値を用いて観測結果からうねり性波浪の抽出を行い、同時刻の推算波浪統計量と比較している。図-3.8は各波浪推算モデルにおける各指標の全地点平均（有義波高）を示している。うねり性波浪を対象とした場合でも無次元バイアスだけは差があるが、それ以外では顕著な差は確認できない。釧路を含め対象とした全ての観測点における波高および周期に対する統計指標を付録に示す。

次章では富山湾における「寄り回り波」を対象にハインドキャスト実験を行うが、ここで用いた通常の（現業モデル等で用いられる一般的な）モデル設定ではどの程度の再現性があるか考察した。図-3.9は2013年から2015年までの期間で富山で観測された寄り回り波の5事例（田村ら（2019）図-3.3中の#16, #17, #18, #21, #23）を抽出し有義波高および周期の時系列を比較したものである。これまでの研究結果（例えば、太田ら2016）と同様にすべてのケースで有義波高を大幅に過小評価していることがわかる（観測値の30-50%程度）。またどのエネルギーソース関数を用いた場合でも結果にほぼ変わりがないことから、再現性に関してその原因が特定の力学モデルにあるわけではないと考えられる。一方で、寄り回り波襲来時の波浪周期に関してはどのモデルも精度よく再現できていることが確認できる。これは一般的に言われている第三世代波浪モデル（特に WAM）の周期の再現性に関する問題には当てはまらないことを意味している。

### 3.3 まとめと考察

ハインドキャスト実験1では日本沿岸を対象とした3年間の波浪計算を行い、第三世代波浪モデルの力学過程に起因する計算精度に関して解析を行った。その結果 WW3 によって推算される有義波高の無次元バイアスは WAM と比較して小さくなるが、それ以外は顕著なモデル間の差は確認できない。実際、富山における寄り回り波の5事例を対象に有義波高および周期の時系列を比較した結果でも、有義波高に関してはどのモデルでも大幅に過小評価しており、それらの差はごくわずかである。

ここではうねり性波浪を波形勾配と周期の閾値から判別した。図-3.10は本手法によって得られた2013年の風波とうねりの出現率に関して観測値（上図）および推算値（WW3/ST3）を示したものである。例えば図-3.3から図-3.5で用いた釧路に着目して比較すると、観測結果ではうねりの発生頻度は30%程度であり、一方、計算

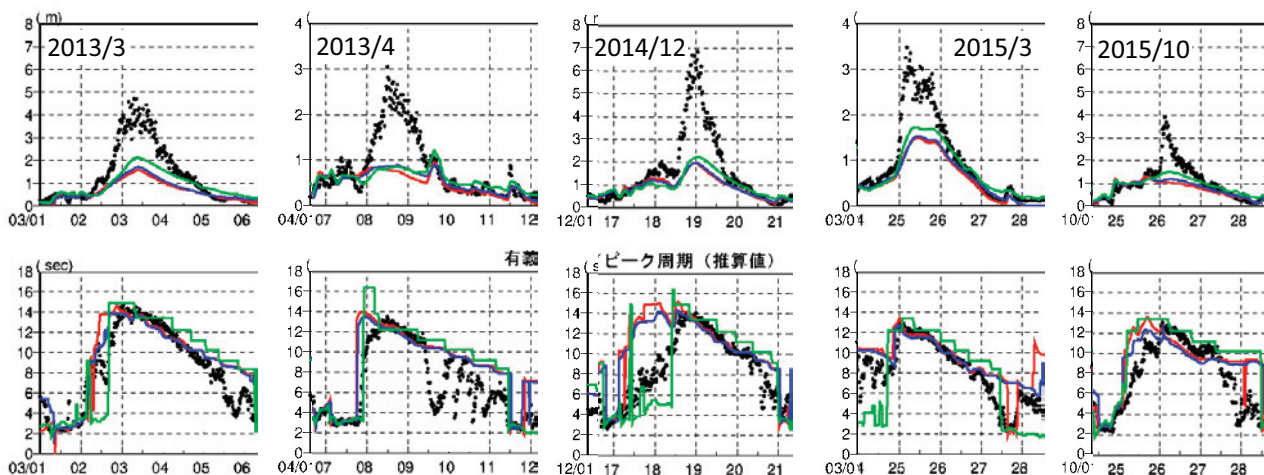


図-3.9 富山における寄り回り波事例の波高（上段）および周期（下段）の比較（黒丸：観測結果，赤線：WW3/ST3，青線：WW3/ST4，緑線：WAM/cycle4）

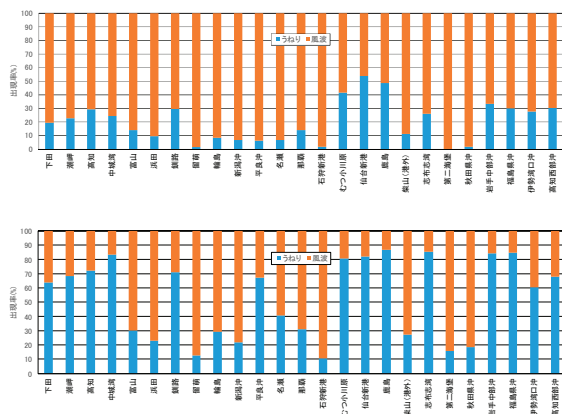


図-3.10 風波とうねりの出現率（上図：観測結果，下図：WW3/ST3 モデル結果）

結果では70%にもなることが確認できる。また他のどの観測地点でもわかるように計算結果によるうねりの発生頻度が観測結果のそれを2-3倍程度過大評価している。この原因は計算精度の問題ではなく、用いる周期の違いにある。つまり観測結果には有義波周期を計算結果にはピーク周期を用いてうねり性波浪の判別を行っているが、対応する観測値と計算値の頻度分布（図-3.5左）からわかるようにそれらにはある程度の相関関係があり、周期7-9秒に発生頻度のピークが現れている。ただしピーク周期（計算結果）が有義波周期（観測結果）を多少上回る顕著なバイアス（例えば合田・鈴木 1975 では  $T_p=1.05T_m$ ）を持つことから、用いる閾値によってうねりの発生頻度に多大な差が生じることとなる。同様な結果は松藤ら（2017）でも確認されており、うねりを分類

する波形勾配の閾値により設計波の値が変わる場合があるため、閾値の影響に関して検討することが必要とされる。

#### 4. 富山湾を対象としたハインドキャスト実験

##### 4.1 ハインドキャスト実験概要

第三代波浪モデルにおいてエネルギーソース関数は風波生成や減衰といった力学過程を取り扱うことから波浪推算では極めて重要な役割を果たす。しかしながら前章の結果から、通常用いられるエネルギーソース関数（本研究では WW3/ST3、/ST4 および WAM/cycle4）であれば計算精度にそれほど顕著な差が生じないことが確認できた。この結果を踏まえ、ここでは単一のエネルギーソース関数（WW3/ST3）を用いて新たにハインドキャスト実験を行う。対象としたのは富山湾の「寄り回り波」で、図-3.9からも確認できる通り通常のモデル設定では有義波高を極端に過小評価する結果となる。

ここでは4つの計算領域（WW3-N0,-N1,-N2,-N3）を設定し、寄り回り波のハインドキャスト実験を行った。計算領域 N0 は間宮海峡を含む日本海全域（1/5度）、N1 は日本海全域（1/16度）、N2 は能登半島周辺（1/80度）、N3 は富山湾奥（1/1200度）を対象として設定した。特に N3 では寄り回り波が発生する湾奥の海底渓谷を伴うごく狭い大陸棚をモデル内で再現するために水平解像度 80m 程度まで高解像度化している。うねり性波浪をより高精度で計算するためには空間解像度だけではなくスペクトル解像度も極めて重要となる。これはうねりのエネルギースペクトルが狭帯領域に分布するためであり、こ

こでのハインドキャスト実験では可能な限り周波数および方向解像度を高めた。具体的には N1-N3 で周波数分解には 40 grid (0.035-0.7Hz) とし、一方、方向分解にはそれぞれ 72 grid (5 度), 180 grid (2 度), 360 grid (1 度) とした。海上風速に関しては JMA/GSM と MSM を、また海底地形に関しては ETOPO1, JTOPO30, M7000 をそれぞれの解像度とモデル対象領域を考慮して設定した。

前章では波形勾配および周期に対して閾値を設けることで風波およびうねり性波浪の判別を行ったが、上述の通り用いる周期の任意性とその閾値により判別結果が大きく異なる。そのためここではうねり性波浪の判定に Swell Index (SI, 例えば田村 2018, 田村ら 2019) を用いた。この手法は海洋波の成長率に着目することで風波とうねりをスペクトル空間内で分離し、それに基づいて全波浪エネルギーに対するうねりエネルギーの比として SI を定義する。SI を用いることで、うねり性波浪を定量的に判別し解析することが可能となり、富山と伏木富山における波浪特性の違いに関して物理的な解釈が可能となっている (田村ら 2019)。

#### 4.2 ハインドキャスト結果

図-4.1 は 2016 年 3 月に発生した寄り回り波事例 (田村ら 2019 図-3.3 中の事例#16) を対象としたハインドキャスト結果 (N2 領域) で有義波高の空間分布とピーク波向きのスナップショット (2013/3/3 03:00UTC) を示している。寄り回り波は北海道の西岸沖合で生成された風波を起源とし、それらがうねりとして富山湾まで伝搬してくると考えられている。それを支持するように北北東から伝搬してきている様子がピーク波向きから確認できる。うねりの伝搬にともなう波高の空間分布は能登半島以上のスケールで富山湾外に分布しているが、富山湾内においては東西方向に顕著な空間勾配が形成されている。また富山湾の湾奥西側での波高は、入射波高の 1/3 程度 (1m 程度) にまで減少していることが確認できる。ここに示した 2 つの図は方向解像度を 2 度および 10 度に設定した際のそれぞれのハインドキャスト結果であり、これらを比較すると波高の空間分布に顕著な差はないことが確認できる。またここでは示さないが、この結果からも推察されるとおり、モデルをできるだけ高解像度化した本実験においても有義波高は過小評価される結果となる。

図-4.2 は方向解像度を 2 度として計算した際 (図-4.1 上図に対応) の (a) (b) 2 次元スペクトル、および (c) 1 次元方向スペクトルを示している。計算結果からは、能登半島沖合の地点 (図-4.1 中の TB0 地点) では北から北東よりの間に明瞭な 2 つのスペクトルピークが確認

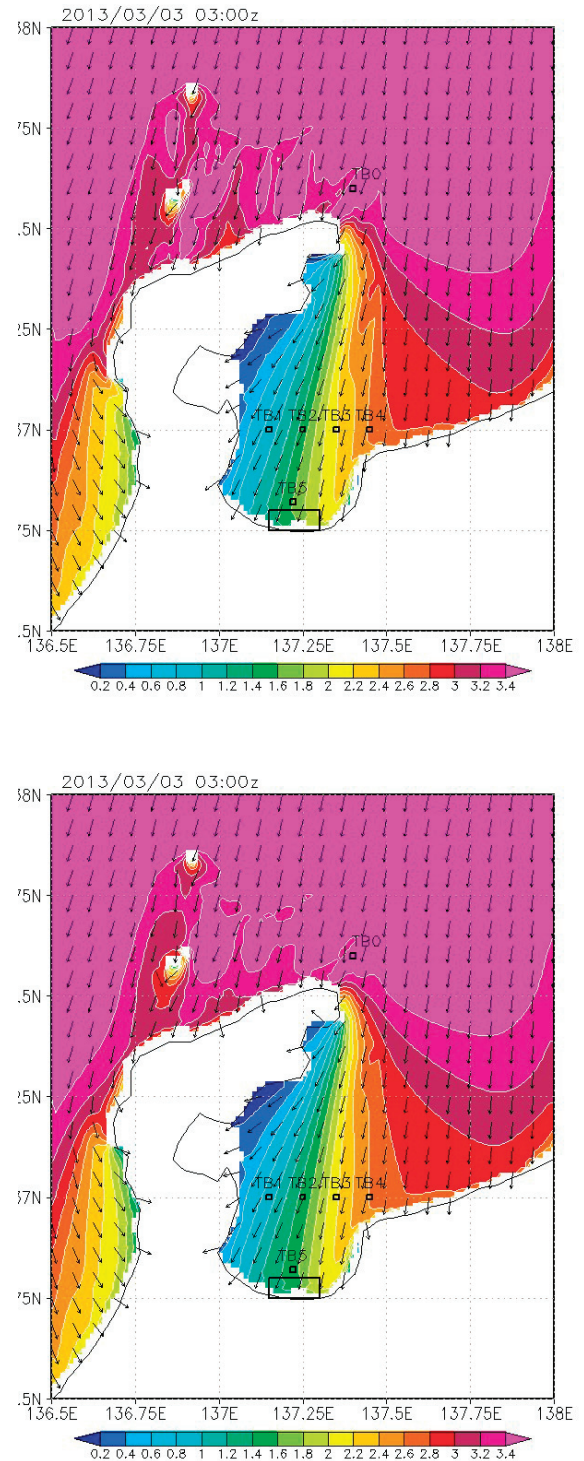


図-4.1 寄り回り波時の有義波高 (上図：方向解像度 2 度, 下図：方向解像度 10 度)

できる (図-4.2 (a)). 一方で、寄り回り波生成の入射波条件となる湾内陸棚沖 (図-4.1 中の TB5 地点) での 2 次元スペクトルはその方向分散が極端に狭帯化している (図-4.2 (b)). これは海岸工学分野で一般的に用いられるスペクトルの方向分散の度合いを表す指標となる



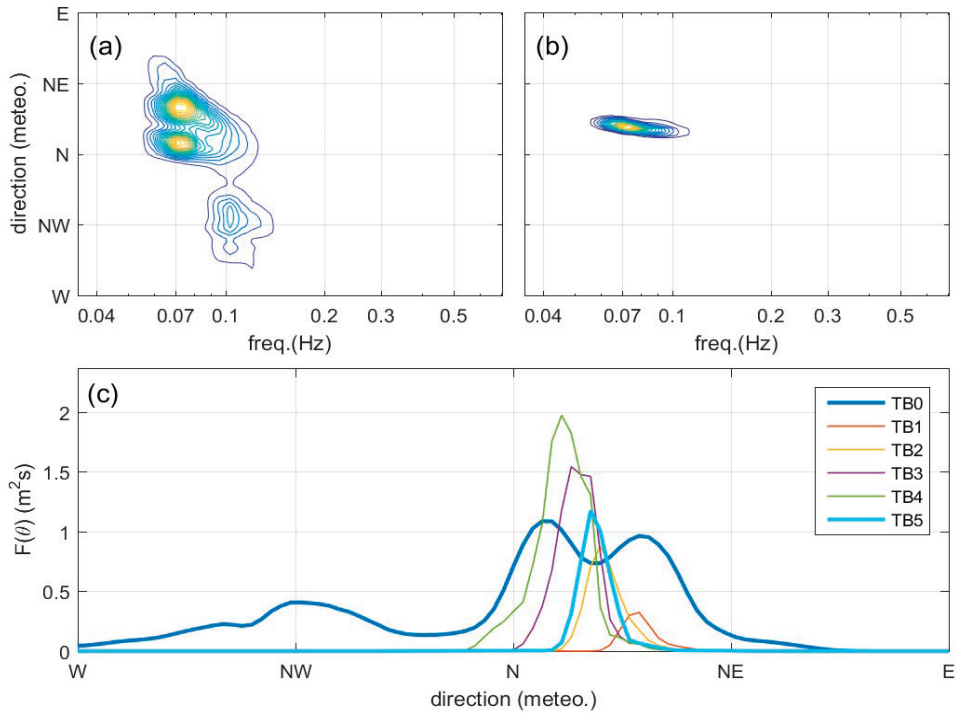


図-4.2 寄り回り波時の波浪スペクトル（方向解像度2度）(a)TB0における2次元スペクトル，(b)TB5における2次元スペクトル，(c)各地点における1次元方向スペクトル

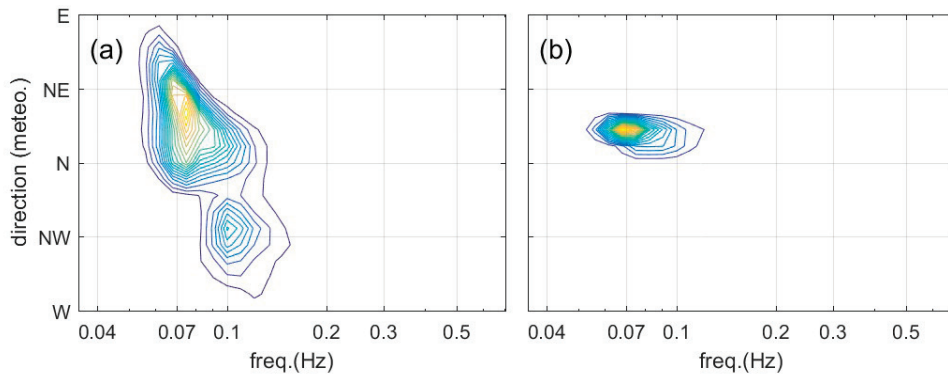


図-4.3 寄り回り波時の波浪スペクトル（方向解像度10度）(a)TB0における2次元スペクトル，(b)TB5における2次元スペクトル

$S_{max}$ （光易ら1973）で558.2となり，一般的にうねりを想定して用いられる値（ $S_{max}=75$ ，合田・鈴木1975）の7.5倍程度にもなる．富山湾内の同緯度（北緯37度）における東西方向の各地点での1次元方向スペクトルを比較すると（図-4.2（c）），東（TB4地点）から西（TB1地点）にかけて北寄りの成分波のエネルギーが減少することで方向分散が狭帯化していることが確認できる．つ

まり，富山湾における有義波高の東西方向の空間勾配（図-4.1）は北寄りの成分波が能登半島先端で遮蔽されることにもない，湾内におけるスペクトル方向分散に関しても東西方向の空間勾配が生じている．

有義波高で代表されるバルク統計量とは違いスペクトル形状および方向分散に関しては第三世代波浪モデルの方向解像度に依存して結果が大きく異なる．図-4.3は図

-4.2 と同様の結果であるが、波浪モデル設定においてその方向解像度を 10 度で計算した場合のものである。ここでの方向解像度はハインドキャスト実験 1 と同様の値で、また通常の現業波浪モデルで一般的に用いられる程度の方向スペクトル解像度である。図-4.2 と図-4.3 を比較すると高解像度モデル結果では能登半島沖合の 2 次元スペクトルにうねりに対応する周波数帯に明確な 2 つのピークが見られたが、低解像度モデル (図-4.3 (a)) ではそれらが結合されてブロードな単峰スペクトルとして現れている。また富山湾内の陸棚沖の入射スペクトルに関しても低解像度モデルではブロードな方向分散となっている (図-4.3 (b))。

### 4.3 まとめと考察

ハインドキャスト実験 2 では富山湾の寄り回り波を対象として、第三世代波浪モデルの高解像度化 (特に方向解像度) に対する計算結果の違いを解析した。その結果、有義波高などのバルク統計量に関して解像度依存性は弱い、スペクトル形状に関しては方向解像度に依存して結果が大きく異なることが確認された。また、高解像度モデルで計算した際の寄り回り波の入射波スペクトルは  $S_{max}$  で 560 程度の狭帯スペクトルであることが確認され、これは能登半島の遮蔽効果により方向スペクトルの狭帯化が引き起こされたと考えられる。ここでは一つの事例 (2013 年 3 月 #16) のみを示したが、寄り回り波が生じる際には沖合の入射波スペクトルはいずれも上記の物理メカニズムによるスペクトル狭帯化が起こっているものと考えられる。

陸棚沖合での周波数・方向分布における狭帯スペクトルの形成は、物理空間では準単色波列の入射を意味し、これが寄り回り波を引き起こしていると考えられる。また第三世代波浪モデルから得られる結果は寄り回り波による波高をいずれも過小評価する結果となったが (図-4.3 (a))、では寄り回り波とはどういった物理メカニズムで生じる波浪現象なのだろうか？その解釈の手掛かりになるのが準単色波列の位相干渉による振幅変調現象である。ここでは線形論の枠組みで議論を進める。複素振幅:  $A_n$ 、波数ベクトル:  $\mathbf{k}_n$ 、周波数:  $\omega(\mathbf{k}_n)$  を有する平面単色波による水位変動を次式で表す。

$$\eta_n(\mathbf{x}, t) = \text{Re}(\zeta_n(\mathbf{x}, t)) \quad (2)$$

ここに、 $\mathbf{x}$ : 位置ベクトル、複素変数:  $\zeta_n = A_n e^{i\phi_n}$ 、および位相:  $\phi_n = \mathbf{k}_n \cdot \mathbf{x} - \omega(\mathbf{k}_n)t$  である。2 つの合成波 ( $n=1, 2$ ) を考えると、そのシグナル強度 (振幅の 2 乗) は下記で表すことができる。

$$I(\mathbf{x}, t) = A_1^2 + A_2^2 + 2A_1A_2\cos(\Delta\mathbf{k}_{12} \cdot \mathbf{x} - \Delta\omega_{12}t) \quad (3)$$

ここに、 $\Delta\mathbf{k}_{12} = \mathbf{k}_1 - \mathbf{k}_2$  および  $\Delta\omega_{12} = \omega(\mathbf{k}_1) - \omega(\mathbf{k}_2)$  である。右辺第 1 項および第 2 項はそれぞれの成分波の自己相関を表し、一方で第 3 項はそれらの相互相関を表す干渉項である。第 2 章でも記述した通り、第三世代波浪モデルでは成分波の位相がランダムに重ね合わさることで干渉項の影響は相殺される (incoherent interference) ことが前提となって導出されるスペクトルモデルである。しかしながら寄り回り波はこの前提条件から外れる物理現象であると考えられる。つまり、単色・準単色波の入射により陸棚上で coherent interference が発生し、それらの位相関係により建設的 (同相) および破壊的 (逆相) 干渉が発生していることが考えられる。そのためこの現象を再現するためには、例えばブシネスクモデルなどにより波浪の位相依存性を再現する必要があるが、位相分解モデルによる寄り回り波の解析は今後の研究課題である。

## 5. おわりに

本研究では第三世代波浪モデルを用いて 2 つのハインドキャスト実験を行うことでその推算精度検証とスペクトルモデルの適用限界に関して議論を行った。ハインドキャスト実験 1 では、日本沿岸を対象とした 3 年間の波浪計算を行い、第三世代波浪モデルの力学過程に起因する計算精度に関して解析を行った。その結果、モデルパフォーマンスの顕著な差異・優位性は確認できず、実際、寄り回り波に関してはいずれのモデルでも有義波高を大幅に過小評価する結果となった。波形勾配と周期に基づくうねり性波浪の判別では用いる周期の任意性により発生頻度が大きく異なる結果となることが分かった。ハインドキャスト実験 2 では、富山湾の寄り回り波を対象としてモデルの解像度 (特に方向解像度) に対する計算結果の違いを示した。その結果、推算されるスペクトル形状に関して方向解像度に依存して結果が大きく異なることが確認された。寄り回り波発生時の入射波スペクトルの方向分散度は  $S_{max}$  で 560 程度の狭帯スペクトルであり、準単色波列の位相干渉による振幅変調が寄り回り波と関連していることを示唆した。

(2019 年 4 月 24 日受付)

### 参考文献

- 1) 太田俊紀・松浦知徳・村上智一・下川信也: 地形効果による寄り回り波の波浪特性, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol. 72, No. 2, I\_289-I\_294, 2016
- 2) 国土交通省港湾局監修: 港湾の施設の技術上の基準・同解説, 日本港湾協会, 2018 年。



- 3) 合田良実・鈴木康正：光易型方向スペクトルによる不規則波の屈折・回折計算，港湾空港技術研究所資料，1975
- 4) 田村仁・藤木峻・川口浩二：Swell Indexによるうねり性波浪の定量化と日本沿岸波浪場解析，港湾空港技術研究所報告，29-41，2019
- 5) 田村仁：Swell Indexによるうねり性波浪の計量化と寄り回り波解析，土木学会論文集B2(海岸工学)，Vol74，No2， p. I\_109-I\_114，2018
- 6) 平山克也・加島寛章・伍井稔・成毛辰徳：うねりによる高波の発生確率とその地域特性に関する考察，土木学会論文集B2 (海岸工学)，Vol. 71, No.2, I\_85-I\_90, 2015.
- 7) 松藤絵理子，高山知司，宮田正史，平山克也，河合弘泰，鈴木善光，宇都宮好博，福永勇介平山克也・加島寛章・伍井稔・成毛辰徳：うねり性波浪を考慮した設計波の設定法について，土木学会論文集B2 (海岸工学)，Vol. 73, No.2, I\_1153-I\_1158, 2017.
- 8) 光易恒・水野信二郎・本多忠夫・力石国男：海洋波の方向スペクトルについて，海岸工学論文集，435-439，1973
- 9) Ardhuin, F., W. E. Rogers, A. V. Babanin, J. Filipot, R. Magne, A. Roland, A. van der Westhuysen, P. Queffelec, J. Lefevre, L. Aouf and F. Collard : Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. Part I: Definition, calibration, and validation. *J. Phys. Oceanogr.*, 40, 1917–1941., 2010
- 10) Bidlot, J. R., S. Abdalla and P. A. E. M. Janssen : A revised formulation for ocean wave dissipation in CY25R1. Tech. Rep. Memorandum R60.9/JB/0516, Research Department, ECMWF, Reading, U. K., 2005
- 11) Hasselmann, S., K. Hasselmann, J. H. Allender, and T. P. Barnett : Computations and parameterizations of the nonlinear energy transfer in a gravity wave spectrum. Part II: Parameterizations of the nonlinear energy transfer for application in wave models, *J. Phys. Oceanogr.*, 15, 1378-1391, 1985.
- 12) Janssen, P. A. E. M. : Wave-induced stress and the drag of air flow over sea waves, *J. Phys. Oceanogr.*, 19, 745-754., 1989
- 13) Janssen, P. A. E. M. : Quasi-Linear theory of wind wave generation applied to wave forecasting, *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 1631-1642., 1991
- 14) The WAMDI Group : The WAM Model—A Third Generation Ocean Wave Prediction Model, *Journal of Physical Oceanography*, Vol.18, No.12, 1988
- 15) Tolman, H. L. : Effects of tides and storm surges on North Sea wind waves. *J. Phys. Oceanogr.*, 21, 766–781., 1991
- 16) Tolman, H. L., and D. V. Chalikov : Source terms in a third - generation wind wave model, *J. Phys. Oceanogr.*, 26, 2497–2518., 1996

付録1 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標 (2013年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	80.64% (21193)	0.48	0.42	0.44	0.86
	WW3/ST4		0.47	0.41	0.43	0.87
	WAM		0.55	0.42	0.44	0.83
潮岬	WW3/ST3	99.12% (26050)	0.33	0.40	0.33	0.90
	WW3/ST4		0.30	0.39	0.33	0.90
	WAM		0.16	0.44	0.37	0.84
高知	WW3/ST3	99.88% (26249)	0.19	0.29	0.39	0.91
	WW3/ST4		0.15	0.27	0.37	0.91
	WAM		0.43	0.29	0.39	0.88
中城湾	WW3/ST3	94.23% (24763)	0.35	0.33	0.27	0.93
	WW3/ST4		0.32	0.31	0.26	0.93
	WAM		0.50	0.38	0.32	0.90
富山	WW3/ST3	74.16% (19488)	-0.16	0.26	0.54	0.84
	WW3/ST4		-0.15	0.25	0.51	0.86
	WAM		0.17	0.25	0.52	0.86
浜田*	WW3/ST3	99.93% (4377)	-0.07	0.35	0.30	0.92
	WW3/ST4		-0.06	0.34	0.29	0.93
	WAM		0.00	0.37	0.32	0.92
釧路	WW3/ST3	99.85% (26240)	0.19	0.31	0.28	0.91
	WW3/ST4		0.16	0.30	0.27	0.91
	WAM		0.45	0.32	0.29	0.90
留萌	WW3/ST3	99.35% (26108)	0.08	0.31	0.27	0.95
	WW3/ST4		0.12	0.30	0.26	0.95
	WAM		0.28	0.35	0.31	0.94
輪島	WW3/ST3	99.88% (26248)	0.10	0.33	0.26	0.95
	WW3/ST4		0.15	0.32	0.25	0.95
	WAM		0.18	0.32	0.25	0.95
新潟沖*	WW3/ST3	95.11% (4166)	0.00	0.27	0.26	0.96
	WW3/ST4		0.02	0.26	0.25	0.96
	WAM		0.22	0.28	0.26	0.96
平良沖	WW3/ST3	95.93% (25211)	1.14	0.39	0.63	0.87
	WW3/ST4		1.11	0.37	0.60	0.88
	WAM		1.54	0.44	0.72	0.89
名瀬	WW3/ST3	99.87% (26245)	0.07	0.29	0.25	0.95
	WW3/ST4		0.09	0.27	0.23	0.95
	WAM		0.27	0.30	0.26	0.94
那覇	WW3/ST3	81.79% (21495)	0.20	0.29	0.31	0.94
	WW3/ST4		0.24	0.27	0.29	0.94
	WAM		0.42	0.33	0.36	0.92
石狩新港	WW3/ST3	99.88% (26249)	-0.01	0.24	0.26	0.96
	WW3/ST4		0.02	0.22	0.24	0.97
	WAM		0.24	0.28	0.31	0.96
むつ小川原	WW3/ST3	99.97% (26273)	0.20	0.31	0.30	0.88
	WW3/ST4		0.17	0.30	0.29	0.89
	WAM		0.43	0.33	0.32	0.87
仙台新港	WW3/ST3	99.83% (26236)	0.11	0.25	0.32	0.87
	WW3/ST4		0.08	0.24	0.30	0.88
	WAM		0.52	0.31	0.39	0.83
鹿島	WW3/ST3	99.87% (26247)	0.06	0.31	0.24	0.91
	WW3/ST4		0.06	0.30	0.23	0.92
	WAM		0.23	0.32	0.25	0.91
柴山(港外)	WW3/ST3	99.90% (26255)	0.18	0.42	0.37	0.92
	WW3/ST4		0.21	0.40	0.35	0.93
	WAM		0.24	0.43	0.38	0.92
志布志湾*	WW3/ST3	98.31% (4306)	0.29	0.23	0.38	0.90
	WW3/ST4		0.24	0.22	0.36	0.91
	WAM		0.56	0.25	0.40	0.89
第二海堡	WW3/ST3	72.26% (18989)	0.03	0.19	0.51	0.81
	WW3/ST4		-0.03	0.17	0.47	0.82
	WAM		0.44	0.25	0.66	0.74
秋田県沖	WW3/ST3	99.43% (26130)	-0.04	0.35	0.22	0.96
	WW3/ST4		-0.01	0.33	0.21	0.96
	WAM		0.01	0.36	0.22	0.95
岩手中部沖	WW3/ST3	99.63% (26182)	0.08	0.36	0.21	0.91
	WW3/ST4		0.06	0.34	0.20	0.92
	WAM		0.13	0.40	0.23	0.89
福島県沖	WW3/ST3	99.28% (26091)	0.02	0.39	0.22	0.89
	WW3/ST4		0.00	0.36	0.21	0.91
	WAM		0.08	0.42	0.24	0.87
伊勢湾口沖	WW3/ST3	50.06% (13156)	0.42	0.36	0.30	0.93
	WW3/ST4		0.36	0.34	0.28	0.93
	WAM		0.55	0.42	0.35	0.89
高知西部沖	WW3/ST3	69.37% (18230)	0.13	0.39	0.29	0.86
	WW3/ST4		0.08	0.38	0.28	0.87
	WAM		0.23	0.41	0.31	0.83
全地点平均	WW3/ST3	-	0.17	0.32	0.33	0.91
	WW3/ST4		0.17	0.31	0.31	0.91
	WAM		0.35	0.35	0.35	0.89

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3及びWAM) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)

付録2 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標 (2014年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	82.94% (21796)	0.57	0.41	0.45	0.85
	WW3/ST4		0.58	0.41	0.45	0.86
	WAM		0.66	0.40	0.44	0.83
潮岬	WW3/ST3	100.00% (26280)	0.30	0.40	0.33	0.91
	WW3/ST4		0.29	0.40	0.33	0.91
	WAM		0.13	0.43	0.35	0.87
高知	WW3/ST3	99.51% (26151)	0.14	0.32	0.40	0.92
	WW3/ST4		0.12	0.31	0.39	0.92
	WAM		0.37	0.35	0.44	0.89
中城湾	WW3/ST3	99.70% (26202)	0.35	0.39	0.32	0.92
	WW3/ST4		0.33	0.38	0.31	0.92
	WAM		0.48	0.52	0.43	0.88
富山	WW3/ST3	56.26% (14785)	-0.12	0.29	0.60	0.84
	WW3/ST4		-0.13	0.28	0.58	0.85
	WAM		0.14	0.28	0.59	0.84
浜田*	WW3/ST3	99.93% (4377)	-0.09	0.34	0.31	0.92
	WW3/ST4		-0.08	0.33	0.30	0.92
	WAM		-0.01	0.41	0.37	0.89
釧路	WW3/ST3	99.72% (26207)	0.22	0.27	0.27	0.90
	WW3/ST4		0.18	0.26	0.26	0.91
	WAM		0.48	0.31	0.31	0.88
留萌	WW3/ST3	99.89% (26252)	0.12	0.31	0.29	0.95
	WW3/ST4		0.15	0.30	0.27	0.95
	WAM		0.30	0.38	0.35	0.94
輪島	WW3/ST3	99.32% (26100)	0.09	0.32	0.26	0.95
	WW3/ST4		0.12	0.30	0.24	0.96
	WAM		0.20	0.31	0.26	0.95
新潟沖*	WW3/ST3	99.86% (4374)	0.00	0.25	0.25	0.97
	WW3/ST4		0.02	0.25	0.25	0.97
	WAM		0.26	0.26	0.26	0.96
平良沖	WW3/ST3	79.17% (20806)	1.16	0.38	0.67	0.89
	WW3/ST4		1.14	0.38	0.66	0.90
	WAM		1.57	0.49	0.86	0.91
名瀬	WW3/ST3	99.69% (26199)	0.09	0.36	0.31	0.94
	WW3/ST4		0.10	0.34	0.29	0.95
	WAM		0.29	0.38	0.32	0.94
那覇	WW3/ST3	99.92% (26258)	0.20	0.32	0.32	0.94
	WW3/ST4		0.23	0.32	0.31	0.94
	WAM		0.41	0.43	0.43	0.91
石狩新港	WW3/ST3	99.95% (26267)	0.07	0.24	0.27	0.95
	WW3/ST4		0.10	0.22	0.26	0.96
	WAM		0.31	0.30	0.34	0.94
むつ小川原	WW3/ST3	99.93% (26261)	0.17	0.29	0.30	0.90
	WW3/ST4		0.14	0.28	0.29	0.91
	WAM		0.41	0.29	0.31	0.90
仙台新港	WW3/ST3	99.96% (26270)	0.08	0.23	0.29	0.89
	WW3/ST4		0.06	0.22	0.28	0.89
	WAM		0.49	0.25	0.32	0.88
鹿島	WW3/ST3	99.98% (26276)	0.03	0.28	0.23	0.93
	WW3/ST4		0.04	0.28	0.22	0.94
	WAM		0.20	0.30	0.24	0.92
柴山(港外)	WW3/ST3	99.99% (26278)	0.16	0.41	0.37	0.92
	WW3/ST4		0.18	0.38	0.34	0.93
	WAM		0.26	0.45	0.40	0.90
志布志湾*	WW3/ST3	95.57% (4186)	0.20	0.25	0.37	0.93
	WW3/ST4		0.18	0.24	0.35	0.94
	WAM		0.45	0.27	0.41	0.92
第二海堡	WW3/ST3	99.95% (26268)	0.13	0.20	0.52	0.79
	WW3/ST4		0.07	0.18	0.48	0.79
	WAM		0.52	0.23	0.60	0.74
秋田県沖	WW3/ST3	99.56% (26165)	-0.01	0.36	0.23	0.96
	WW3/ST4		0.01	0.34	0.22	0.96
	WAM		0.05	0.37	0.23	0.95
岩手中部沖	WW3/ST3	99.30% (26096)	0.06	0.36	0.22	0.91
	WW3/ST4		0.04	0.34	0.21	0.92
	WAM		0.11	0.40	0.25	0.89
福島県沖	WW3/ST3	92.88% (24410)	0.00	0.36	0.22	0.91
	WW3/ST4		-0.01	0.34	0.21	0.92
	WAM		0.07	0.40	0.24	0.88
伊勢湾口沖	WW3/ST3	96.44% (25344)	0.38	0.35	0.30	0.91
	WW3/ST4		0.34	0.32	0.28	0.92
	WAM		0.52	0.43	0.36	0.86
高知西部沖	WW3/ST3	81.11% (21316)	0.07	0.45	0.28	0.92
	WW3/ST4		0.04	0.44	0.27	0.92
	WAM		0.13	0.48	0.29	0.90
全地点平均	WW3/ST3	-	0.17	0.33	0.33	0.91
	WW3/ST4		0.17	0.31	0.32	0.92
	WAM		0.35	0.36	0.38	0.90

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

\*欠測がない場合の全データ数 (WW3及びWAM) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)

付録3 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標 (2015年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	99.98% (26276)	0.47	0.36	0.37	0.84
	WW3/ST4		0.47	0.36	0.37	0.85
	WAM	99.98% (26214)	0.52	0.34	0.34	0.82
潮岬	WW3/ST3	96.71% (25415)	0.30	0.41	0.32	0.90
	WW3/ST4		0.30	0.41	0.33	0.89
	WAM	96.70% (25353)	0.11	0.41	0.32	0.88
高知	WW3/ST3	99.87% (26247)	0.15	0.27	0.34	0.92
	WW3/ST4		0.14	0.27	0.33	0.92
	WAM	99.87% (26185)	0.37	0.29	0.36	0.90
中城湾	WW3/ST3	99.89% (26250)	0.37	0.32	0.27	0.94
	WW3/ST4		0.34	0.31	0.26	0.94
	WAM	99.89% (26188)	0.52	0.43	0.36	0.92
富山	WW3/ST3	98.36% (25848)	-0.07	0.25	0.50	0.83
	WW3/ST4		-0.07	0.24	0.47	0.85
	WAM	98.35% (25786)	0.20	0.25	0.48	0.85
浜田*	WW3/ST3	99.84% (4373)	-0.09	0.33	0.30	0.93
	WW3/ST4		-0.09	0.32	0.29	0.94
	WAM	99.86% (4364)	0.00	0.38	0.34	0.91
釧路	WW3/ST3	99.76% (26217)	0.14	0.28	0.24	0.92
	WW3/ST4		0.12	0.27	0.23	0.93
	WAM	99.76% (26155)	0.38	0.33	0.28	0.90
留萌	WW3/ST3	99.59% (26171)	0.10	0.30	0.28	0.95
	WW3/ST4		0.13	0.29	0.27	0.95
	WAM	99.58% (26109)	0.30	0.36	0.34	0.94
輪島	WW3/ST3	99.91% (26256)	0.10	0.31	0.26	0.96
	WW3/ST4		0.13	0.30	0.25	0.96
	WAM	99.91% (26194)	0.20	0.30	0.25	0.96
新潟沖*	WW3/ST3	99.13% (4342)	0.02	0.24	0.24	0.97
	WW3/ST4		0.04	0.23	0.24	0.97
	WAM	99.13% (4332)	0.24	0.25	0.26	0.96
平良沖	WW3/ST3	99.42% (26127)	1.11	0.38	0.64	0.79
	WW3/ST4		1.11	0.36	0.61	0.82
	WAM	99.42% (26065)	1.44	0.41	0.69	0.83
名瀬	WW3/ST3	99.63% (26183)	0.11	0.26	0.23	0.94
	WW3/ST4		0.12	0.24	0.21	0.95
	WAM	99.63% (26121)	0.24	0.28	0.25	0.93
那覇	WW3/ST3	96.99% (25490)	0.22	0.27	0.28	0.92
	WW3/ST4		0.26	0.25	0.26	0.93
	WAM	96.99% (25428)	0.40	0.31	0.33	0.90
石狩新港	WW3/ST3	99.95% (26266)	0.02	0.22	0.26	0.97
	WW3/ST4		0.04	0.21	0.24	0.97
	WAM	99.95% (26204)	0.28	0.27	0.32	0.96
むつ小川原	WW3/ST3	99.92% (26260)	0.15	0.29	0.27	0.91
	WW3/ST4		0.12	0.29	0.27	0.91
	WAM	99.92% (26198)	0.36	0.33	0.31	0.88
仙台新港	WW3/ST3	99.95% (26268)	0.07	0.24	0.27	0.88
	WW3/ST4		0.04	0.23	0.26	0.89
	WAM	99.95% (26206)	0.44	0.29	0.33	0.84
鹿島	WW3/ST3	99.89% (26251)	0.04	0.28	0.21	0.92
	WW3/ST4		0.06	0.28	0.21	0.92
	WAM	99.89% (26189)	0.18	0.31	0.23	0.90
柴山(港外)	WW3/ST3	99.94% (26264)	0.17	0.36	0.33	0.93
	WW3/ST4		0.18	0.34	0.31	0.94
	WAM	99.94% (26202)	0.25	0.39	0.36	0.92
志布志湾*	WW3/ST3	92.99% (4073)	0.21	0.26	0.37	0.89
	WW3/ST4		0.19	0.26	0.36	0.89
	WAM	93.20% (4073)	0.43	0.28	0.40	0.87
第二海堡	WW3/ST3	99.02% (26022)	0.14	0.18	0.48	0.77
	WW3/ST4		0.08	0.17	0.46	0.77
	WAM	99.02% (25960)	0.52	0.21	0.55	0.70
秋田県沖	WW3/ST3	98.21% (25810)	-0.01	0.35	0.23	0.96
	WW3/ST4		0.02	0.34	0.22	0.97
	WAM	98.21% (25748)	0.08	0.36	0.23	0.96
岩手中部沖	WW3/ST3	99.23% (26077)	0.04	0.35	0.20	0.91
	WW3/ST4		0.02	0.34	0.19	0.92
	WAM	99.23% (26015)	0.07	0.41	0.23	0.87
福島県沖	WW3/ST3	99.68% (26195)	0.00	0.36	0.20	0.89
	WW3/ST4		-0.01	0.35	0.19	0.90
	WAM	99.68% (26133)	0.04	0.42	0.23	0.85
伊勢湾口沖	WW3/ST3	90.26% (23721)	0.29	0.36	0.28	0.90
	WW3/ST4		0.26	0.34	0.27	0.90
	WAM	90.24% (23659)	0.41	0.42	0.33	0.84
高知西部沖	WW3/ST3	97.24% (25555)	0.03	0.45	0.27	0.88
	WW3/ST4		0.00	0.45	0.27	0.88
	WAM	97.23% (25493)	0.08	0.49	0.30	0.84
全地点平均	WW3/ST3	-	0.16	0.31	0.30	0.90
	WW3/ST4		0.16	0.30	0.29	0.91
	WAM		0.32	0.34	0.34	0.89

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

\*欠測がない場合の全データ数 (WW3) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)

\*欠測がない場合の全データ数 (WAM) : 26218(20分毎の観測), 4370(2時間毎の観測)

付録4 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2013年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	80.64% (21193)	0.31	1.88	0.27	0.49
	WW3/ST4		0.29	1.88	0.27	0.48
	WAM		0.30	1.96	0.28	0.46
潮岬	WW3/ST3	99.12% (26050)	0.34	2.04	0.29	0.45
	WW3/ST4		0.32	2.10	0.29	0.44
	WAM		0.19	1.98	0.28	0.55
高知	WW3/ST3	99.88% (26249)	0.34	2.29	0.31	0.43
	WW3/ST4		0.32	2.35	0.32	0.41
	WAM		0.36	2.45	0.33	0.34
中城湾	WW3/ST3	94.23% (24763)	0.35	1.62	0.22	0.57
	WW3/ST4		0.35	1.65	0.23	0.54
	WAM		0.34	1.88	0.26	0.50
富山	WW3/ST3	74.16% (19488)	0.16	1.95	0.37	0.74
	WW3/ST4		0.16	1.70	0.33	0.77
	WAM		-0.04	1.91	0.37	0.79
浜田*	WW3/ST3	99.93% (4377)	0.10	1.21	0.20	0.81
	WW3/ST4		0.09	1.16	0.19	0.81
	WAM		0.03	1.28	0.21	0.83
釧路	WW3/ST3	99.85% (26240)	0.34	2.31	0.32	0.48
	WW3/ST4		0.34	2.33	0.32	0.44
	WAM		0.33	2.22	0.31	0.50
留萌	WW3/ST3	99.35% (26108)	0.14	1.12	0.20	0.79
	WW3/ST4		0.15	1.08	0.19	0.77
	WAM		0.12	1.29	0.23	0.82
輪島	WW3/ST3	99.88% (26248)	0.13	1.07	0.17	0.87
	WW3/ST4		0.11	0.96	0.15	0.88
	WAM		0.08	1.12	0.18	0.87
新潟沖*	WW3/ST3	95.11% (4166)	0.08	1.20	0.21	0.85
	WW3/ST4		0.08	1.05	0.18	0.86
	WAM		0.04	1.40	0.24	0.86
平良沖	WW3/ST3	95.93% (25211)	0.62	2.56	0.44	-0.03
	WW3/ST4		0.60	2.59	0.44	-0.07
	WAM		0.26	1.46	0.25	0.63
名瀬	WW3/ST3	99.87% (26245)	0.20	1.77	0.27	0.55
	WW3/ST4		0.17	1.68	0.26	0.54
	WAM		0.13	1.62	0.25	0.59
那覇	WW3/ST3	81.79% (21495)	0.17	1.58	0.25	0.69
	WW3/ST4		0.16	1.58	0.25	0.67
	WAM		0.07	1.40	0.22	0.77
石狩新港	WW3/ST3	99.88% (26249)	0.11	1.27	0.25	0.84
	WW3/ST4		0.11	1.20	0.24	0.83
	WAM		0.09	1.39	0.28	0.87
むつ小川原	WW3/ST3	99.97% (26273)	0.31	2.23	0.29	0.51
	WW3/ST4		0.35	2.24	0.29	0.44
	WAM		0.38	2.42	0.31	0.44
仙台新港	WW3/ST3	99.83% (26236)	0.26	2.40	0.29	0.49
	WW3/ST4		0.27	2.48	0.30	0.44
	WAM		0.29	2.50	0.30	0.35
鹿島	WW3/ST3	99.87% (26247)	0.32	1.98	0.24	0.54
	WW3/ST4		0.33	2.02	0.25	0.52
	WAM		0.32	2.11	0.26	0.51
柴山(港外)	WW3/ST3	99.90% (26255)	0.12	1.12	0.18	0.85
	WW3/ST4		0.11	1.04	0.16	0.86
	WAM		0.05	1.29	0.21	0.86
志布志湾*	WW3/ST3	98.31% (4306)	0.48	2.25	0.31	0.38
	WW3/ST4		0.46	2.37	0.33	0.34
	WAM		0.46	2.28	0.32	0.35
第二海堡	WW3/ST3	72.26% (18989)	0.51	2.94	0.81	0.29
	WW3/ST4		0.55	2.97	0.81	0.29
	WAM		0.13	1.81	0.50	0.40
秋田県沖	WW3/ST3	99.43% (26130)	0.14	1.10	0.19	0.84
	WW3/ST4		0.14	0.99	0.17	0.85
	WAM		0.07	1.11	0.19	0.87
岩手中部沖	WW3/ST3	99.63% (26182)	0.36	1.90	0.25	0.54
	WW3/ST4		0.36	1.92	0.25	0.53
	WAM		0.34	2.07	0.27	0.52
福島県沖	WW3/ST3	99.28% (26091)	0.40	1.96	0.26	0.52
	WW3/ST4		0.40	1.94	0.26	0.50
	WAM		0.37	2.21	0.29	0.51
伊勢湾口沖	WW3/ST3	50.06% (13156)	0.34	2.22	0.31	0.56
	WW3/ST4		0.35	2.20	0.31	0.53
	WAM		0.26	2.43	0.34	0.53
高知西部沖	WW3/ST3	69.37% (18230)	0.25	2.06	0.28	0.50
	WW3/ST4		0.24	2.08	0.28	0.49
	WAM		0.22	2.29	0.31	0.44
全地点平均	WW3/ST3	-	0.28	1.84	0.29	0.58
	WW3/ST4		0.27	1.82	0.28	0.57
	WAM		0.21	1.83	0.28	0.61

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

\*欠測がない場合の全データ数 (WW3及びWAM) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)



付録5 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2014年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	82.94% (21796)	0.25	1.76	0.24	0.64
	WW3/ST4		0.23	1.72	0.24	0.66
	WAM		0.25	1.91	0.26	0.57
潮岬	WW3/ST3	100.00% (26280)	0.24	1.78	0.23	0.58
	WW3/ST4		0.22	1.78	0.23	0.59
	WAM		0.12	1.97	0.26	0.61
高知	WW3/ST3	99.51% (26151)	0.31	2.12	0.29	0.54
	WW3/ST4		0.29	2.16	0.29	0.53
	WAM		0.32	2.30	0.31	0.47
中城湾	WW3/ST3	99.70% (26202)	0.32	1.64	0.22	0.56
	WW3/ST4		0.31	1.64	0.22	0.54
	WAM		0.28	1.90	0.26	0.52
富山	WW3/ST3	56.26% (14785)	0.17	2.11	0.40	0.69
	WW3/ST4		0.18	1.97	0.38	0.68
	WAM		-0.07	2.15	0.41	0.63
浜田*	WW3/ST3	99.93% (4377)	0.11	1.65	0.27	0.69
	WW3/ST4		0.11	1.55	0.26	0.70
	WAM		0.03	1.49	0.25	0.78
釧路	WW3/ST3	99.72% (26207)	0.31	2.25	0.32	0.47
	WW3/ST4		0.31	2.29	0.32	0.44
	WAM		0.29	2.16	0.31	0.52
留萌	WW3/ST3	99.89% (26252)	0.12	1.02	0.18	0.83
	WW3/ST4		0.12	0.96	0.17	0.82
	WAM		0.11	1.26	0.23	0.82
輪島	WW3/ST3	99.32% (26100)	0.14	1.23	0.20	0.81
	WW3/ST4		0.12	1.13	0.18	0.82
	WAM		0.09	1.12	0.18	0.87
新潟沖*	WW3/ST3	99.86% (4374)	0.07	1.24	0.21	0.84
	WW3/ST4		0.07	1.04	0.18	0.85
	WAM		0.03	1.56	0.27	0.82
平良沖	WW3/ST3	79.17% (20806)	0.68	2.34	0.41	0.02
	WW3/ST4		0.67	2.37	0.42	0.00
	WAM		0.31	1.52	0.27	0.61
名瀬	WW3/ST3	99.69% (26199)	0.15	1.67	0.25	0.63
	WW3/ST4		0.13	1.57	0.24	0.63
	WAM		0.12	1.71	0.26	0.62
那覇	WW3/ST3	99.92% (26258)	0.12	1.50	0.24	0.75
	WW3/ST4		0.11	1.43	0.23	0.74
	WAM		0.06	1.36	0.21	0.81
石狩新港	WW3/ST3	99.95% (26267)	0.15	1.39	0.28	0.77
	WW3/ST4		0.14	1.27	0.26	0.78
	WAM		0.13	1.45	0.30	0.83
むつ小川原	WW3/ST3	99.93% (26261)	0.30	2.28	0.30	0.47
	WW3/ST4		0.33	2.30	0.31	0.40
	WAM		0.37	2.45	0.33	0.42
仙台新港	WW3/ST3	99.96% (26270)	0.21	2.19	0.27	0.46
	WW3/ST4		0.22	2.25	0.28	0.40
	WAM		0.24	2.15	0.26	0.42
鹿島	WW3/ST3	99.98% (26276)	0.27	1.95	0.24	0.47
	WW3/ST4		0.28	1.95	0.24	0.46
	WAM		0.27	2.03	0.25	0.43
柴山(港外)	WW3/ST3	99.99% (26278)	0.12	1.33	0.21	0.79
	WW3/ST4		0.11	1.21	0.19	0.81
	WAM		0.04	1.35	0.22	0.85
志布志湾*	WW3/ST3	95.57% (4186)	0.40	2.02	0.28	0.49
	WW3/ST4		0.39	2.08	0.29	0.45
	WAM		0.38	2.09	0.29	0.49
第二海堡	WW3/ST3	99.95% (26268)	0.38	2.65	0.72	0.36
	WW3/ST4		0.40	2.66	0.72	0.34
	WAM		0.12	1.58	0.43	0.44
秋田県沖	WW3/ST3	99.56% (26165)	0.13	1.21	0.21	0.81
	WW3/ST4		0.13	1.15	0.20	0.80
	WAM		0.07	1.14	0.20	0.86
岩手中部沖	WW3/ST3	99.30% (26096)	0.30	1.99	0.26	0.47
	WW3/ST4		0.30	2.00	0.26	0.46
	WAM		0.29	2.18	0.29	0.46
福島県沖	WW3/ST3	92.88% (24410)	0.35	1.89	0.26	0.45
	WW3/ST4		0.35	1.89	0.26	0.43
	WAM		0.32	2.20	0.30	0.45
伊勢湾口沖	WW3/ST3	96.44% (25344)	0.24	2.04	0.29	0.66
	WW3/ST4		0.25	2.03	0.29	0.65
	WAM		0.19	2.15	0.31	0.63
高知西部沖	WW3/ST3	81.11% (21316)	0.26	1.91	0.25	0.59
	WW3/ST4		0.26	1.91	0.25	0.58
	WAM		0.22	2.12	0.28	0.56
全地点平均	WW3/ST3	-	0.24	1.81	0.28	0.59
	WW3/ST4		0.24	1.77	0.28	0.58
	WAM		0.18	1.81	0.28	0.62

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3及びWAM) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)

付録6 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2015年, 全波浪)

地点	波浪推算モデル	観測データの 測得率(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	99.98% (26276)	0.21	1.82	0.24	0.63
	WW3/ST4		0.19	1.80	0.24	0.64
	WAM	99.98% (26214)	0.20	1.88	0.25	0.59
潮岬	WW3/ST3	96.71% (25415)	0.23	1.83	0.24	0.62
	WW3/ST4		0.21	1.84	0.24	0.63
	WAM	96.70% (25353)	0.13	1.94	0.25	0.63
高知	WW3/ST3	99.87% (26247)	0.30	2.28	0.30	0.51
	WW3/ST4		0.27	2.30	0.30	0.52
	WAM	99.87% (26185)	0.29	2.42	0.32	0.46
中城湾	WW3/ST3	99.89% (26250)	0.34	1.76	0.23	0.60
	WW3/ST4		0.35	1.79	0.24	0.58
	WAM	99.89% (26188)	0.32	1.97	0.26	0.56
富山	WW3/ST3	98.36% (25848)	0.13	1.87	0.35	0.77
	WW3/ST4		0.14	1.72	0.32	0.78
	WAM	98.35% (25786)	-0.04	1.98	0.37	0.76
浜田*	WW3/ST3	99.84% (4373)	0.11	1.25	0.20	0.82
	WW3/ST4		0.10	1.19	0.19	0.82
	WAM	99.86% (4364)	0.03	1.35	0.22	0.83
釧路	WW3/ST3	99.76% (26217)	0.28	2.26	0.30	0.58
	WW3/ST4		0.29	2.32	0.31	0.54
	WAM	99.76% (26155)	0.27	2.06	0.27	0.60
留萌	WW3/ST3	99.59% (26171)	0.13	1.08	0.20	0.81
	WW3/ST4		0.14	1.04	0.19	0.80
	WAM	99.58% (26109)	0.12	1.23	0.22	0.83
輪島	WW3/ST3	99.91% (26256)	0.13	1.16	0.19	0.86
	WW3/ST4		0.11	1.08	0.18	0.86
	WAM	99.91% (26194)	0.08	1.10	0.18	0.89
新潟沖*	WW3/ST3	99.13% (4342)	0.08	1.29	0.22	0.84
	WW3/ST4		0.09	1.14	0.20	0.85
	WAM	99.13% (4332)	0.05	1.43	0.25	0.86
平良沖	WW3/ST3	99.42% (26127)	0.64	2.72	0.47	0.00
	WW3/ST4		0.61	2.71	0.47	-0.04
	WAM	99.42% (26065)	0.27	1.51	0.26	0.56
名瀬	WW3/ST3	99.63% (26183)	0.19	1.68	0.25	0.65
	WW3/ST4		0.16	1.64	0.25	0.65
	WAM	99.63% (26121)	0.13	1.57	0.24	0.64
那覇	WW3/ST3	96.99% (25490)	0.12	1.39	0.22	0.73
	WW3/ST4		0.12	1.33	0.21	0.72
	WAM	96.99% (25428)	0.09	1.17	0.18	0.79
石狩新港	WW3/ST3	99.95% (26266)	0.16	1.44	0.29	0.76
	WW3/ST4		0.15	1.39	0.28	0.75
	WAM	99.95% (26204)	0.11	1.40	0.29	0.84
むつ小川原	WW3/ST3	99.92% (26260)	0.24	2.03	0.25	0.50
	WW3/ST4		0.26	2.07	0.26	0.44
	WAM	99.92% (26198)	0.30	2.18	0.27	0.47
仙台新港	WW3/ST3	99.95% (26268)	0.19	2.31	0.27	0.51
	WW3/ST4		0.19	2.35	0.28	0.48
	WAM	99.95% (26206)	0.20	2.34	0.27	0.46
鹿島	WW3/ST3	99.89% (26251)	0.26	1.96	0.24	0.56
	WW3/ST4		0.27	1.98	0.24	0.54
	WAM	99.89% (26189)	0.25	2.07	0.25	0.48
柴山(港外)	WW3/ST3	99.94% (26264)	0.11	1.14	0.18	0.87
	WW3/ST4		0.11	1.06	0.17	0.87
	WAM	99.94% (26202)	0.05	1.31	0.21	0.87
志布志湾*	WW3/ST3	92.99% (4073)	0.38	2.16	0.28	0.52
	WW3/ST4		0.36	2.22	0.29	0.50
	WAM	93.20% (4073)	0.35	2.23	0.29	0.50
第二海堡	WW3/ST3	99.02% (26022)	0.42	2.78	0.75	0.42
	WW3/ST4		0.45	2.82	0.76	0.41
	WAM	99.02% (25960)	0.16	1.86	0.50	0.48
秋田県沖	WW3/ST3	98.21% (25810)	0.11	1.20	0.21	0.84
	WW3/ST4		0.11	1.12	0.19	0.84
	WAM	98.21% (25748)	0.06	1.19	0.21	0.86
岩手中部沖	WW3/ST3	99.23% (26077)	0.30	1.78	0.23	0.59
	WW3/ST4		0.30	1.81	0.23	0.59
	WAM	99.23% (26015)	0.28	1.87	0.24	0.59
福島県沖	WW3/ST3	99.68% (26195)	0.34	1.84	0.24	0.55
	WW3/ST4		0.35	1.84	0.24	0.54
	WAM	99.68% (26133)	0.31	2.03	0.26	0.54
伊勢湾口沖	WW3/ST3	90.26% (23721)	0.21	1.97	0.27	0.73
	WW3/ST4		0.21	1.97	0.27	0.72
	WAM	90.24% (23659)	0.17	2.03	0.28	0.71
高知西部沖	WW3/ST3	97.24% (25555)	0.19	2.14	0.27	0.60
	WW3/ST4		0.18	2.09	0.26	0.61
	WAM	97.23% (25493)	0.13	2.20	0.28	0.61
全地点平均	WW3/ST3	-	0.23	1.81	0.28	0.63
	WW3/ST4		0.23	1.78	0.27	0.63
	WAM		0.17	1.77	0.26	0.66

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3) : 26280(20分毎の観測), 4380(2時間毎の観測)

※欠測がない場合の全データ数 (WAM) : 26218(20分毎の観測), 4370(2時間毎の観測)

付録7 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標 (2013年, うねり性波浪)

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	15.73% (4134)	0.46	0.60	0.46	0.87
	WW3/ST4		0.43	0.60	0.45	0.87
	WAM		0.47	0.63	0.48	0.83
潮岬	WW3/ST3	22.54% (5923)	0.33	0.51	0.32	0.90
	WW3/ST4		0.29	0.51	0.32	0.89
	WAM		-0.01	0.61	0.38	0.81
高知	WW3/ST3	29.21% (7677)	0.19	0.42	0.45	0.89
	WW3/ST4		0.14	0.39	0.42	0.90
	WAM		0.37	0.41	0.44	0.86
中城湾	WW3/ST3	23.08% (6066)	0.32	0.40	0.29	0.91
	WW3/ST4		0.27	0.38	0.28	0.92
	WAM		0.46	0.45	0.33	0.87
富山	WW3/ST3	10.34% (2717)	-0.32	0.47	0.42	0.78
	WW3/ST4		-0.25	0.46	0.42	0.81
	WAM		-0.14	0.46	0.42	0.77
浜田*	WW3/ST3	9.59% (420)	-0.19	0.32	0.17	0.90
	WW3/ST4		-0.17	0.30	0.16	0.91
	WAM		-0.13	0.34	0.18	0.88
釧路	WW3/ST3	29.63% (7787)	0.17	0.40	0.30	0.87
	WW3/ST4		0.12	0.38	0.29	0.88
	WAM		0.36	0.43	0.32	0.86
留萌	WW3/ST3	1.58% (415)	0.00	0.38	0.22	0.90
	WW3/ST4		0.03	0.38	0.22	0.90
	WAM		0.14	0.48	0.28	0.87
輪島	WW3/ST3	8.29% (2178)	0.06	0.35	0.16	0.91
	WW3/ST4		0.10	0.34	0.16	0.92
	WAM		0.08	0.34	0.16	0.91
新潟沖*	WW3/ST3	6.44% (282)	-0.08	0.34	0.16	0.88
	WW3/ST4		-0.04	0.33	0.16	0.89
	WAM		0.03	0.42	0.20	0.86
平良沖	WW3/ST3	5.89% (1547)	0.48	0.42	0.28	0.85
	WW3/ST4		0.50	0.41	0.28	0.85
	WAM		0.76	0.53	0.36	0.89
名瀬	WW3/ST3	6.72% (1767)	-0.05	0.42	0.28	0.86
	WW3/ST4		-0.03	0.37	0.24	0.90
	WAM		-0.02	0.39	0.25	0.87
那覇	WW3/ST3	11.52% (3027)	0.10	0.36	0.22	0.90
	WW3/ST4		0.13	0.33	0.20	0.91
	WAM		0.24	0.44	0.27	0.86
石狩新港	WW3/ST3	1.88% (495)	-0.20	0.23	0.15	0.93
	WW3/ST4		-0.18	0.23	0.15	0.93
	WAM		0.07	0.36	0.24	0.91
むつ小川原	WW3/ST3	41.59% (10930)	0.20	0.33	0.30	0.88
	WW3/ST4		0.16	0.32	0.28	0.89
	WAM		0.42	0.35	0.31	0.86
仙台新港	WW3/ST3	53.65% (14099)	0.01	0.26	0.31	0.87
	WW3/ST4		-0.01	0.25	0.29	0.88
	WAM		0.40	0.34	0.41	0.81
鹿島	WW3/ST3	48.54% (12756)	0.07	0.32	0.24	0.90
	WW3/ST4		0.06	0.30	0.22	0.92
	WAM		0.24	0.32	0.24	0.90
柴山(港外)	WW3/ST3	11.29% (2966)	0.01	0.49	0.24	0.84
	WW3/ST4		0.04	0.45	0.22	0.87
	WAM		0.05	0.50	0.24	0.84
志布志湾*	WW3/ST3	25.71% (1126)	0.29	0.33	0.40	0.91
	WW3/ST4		0.21	0.31	0.38	0.92
	WAM		0.47	0.36	0.44	0.89
第二海堡	WW3/ST3	0.05% (12)	1.25	0.42	0.86	0.61
	WW3/ST4		1.26	0.39	0.80	0.63
	WAM		3.76	1.11	2.27	0.47
秋田県沖	WW3/ST3	1.64% (431)	-0.02	0.47	0.19	0.68
	WW3/ST4		0.02	0.44	0.18	0.71
	WAM		-0.06	0.46	0.18	0.66
岩手中部沖	WW3/ST3	33.15% (8712)	0.09	0.40	0.21	0.90
	WW3/ST4		0.04	0.37	0.19	0.92
	WAM		0.10	0.44	0.23	0.88
福島県沖	WW3/ST3	29.79% (7829)	0.08	0.43	0.23	0.88
	WW3/ST4		0.04	0.39	0.21	0.90
	WAM		0.11	0.47	0.25	0.86
伊勢湾口沖	WW3/ST3	13.84% (3638)	0.34	0.46	0.27	0.93
	WW3/ST4		0.27	0.43	0.25	0.93
	WAM		0.36	0.55	0.33	0.87
高知西部沖	WW3/ST3	21.05% (5533)	0.27	0.42	0.37	0.83
	WW3/ST4		0.17	0.37	0.33	0.86
	WAM		0.41	0.41	0.37	0.80
全地点平均	WW3/ST3	-	0.15	0.40	0.30	0.86
	WW3/ST4		0.14	0.38	0.28	0.88
	WAM		0.36	0.46	0.38	0.84

※浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3 及び WAM) : 26280 (20分毎の観測), 4380 (2時間毎の観測)

付録8 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標（2014年，うねり性波浪）

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	20.44% (5372)	0.50	0.56	0.48	0.85
	WW3/ST4		0.49	0.56	0.48	0.86
	WAM		0.55	0.54	0.46	0.83
潮岬	WW3/ST3	34.42% (9046)	0.29	0.47	0.33	0.88
	WW3/ST4		0.26	0.45	0.32	0.89
	WAM		0.03	0.51	0.36	0.83
高知	WW3/ST3	26.51% (6966)	0.04	0.47	0.44	0.87
	WW3/ST4		0.02	0.46	0.43	0.87
	WAM		0.20	0.50	0.48	0.84
中城湾	WW3/ST3	28.73% (7549)	0.22	0.40	0.28	0.87
	WW3/ST4		0.19	0.40	0.28	0.89
	WAM		0.33	0.44	0.30	0.85
富山	WW3/ST3	6.20% (1629)	-0.29	0.39	0.43	0.84
	WW3/ST4		-0.23	0.39	0.42	0.86
	WAM		-0.20	0.38	0.42	0.81
浜田*	WW3/ST3	8.24% (361)	-0.18	0.28	0.19	0.91
	WW3/ST4		-0.18	0.27	0.18	0.92
	WAM		-0.13	0.31	0.21	0.89
釧路	WW3/ST3	28.19% (7408)	0.16	0.32	0.25	0.88
	WW3/ST4		0.12	0.30	0.24	0.89
	WAM		0.36	0.38	0.30	0.84
留萌	WW3/ST3	0.55% (144)	-0.12	0.60	0.27	0.91
	WW3/ST4		-0.08	0.53	0.24	0.91
	WAM		0.03	0.86	0.38	0.87
輪島	WW3/ST3	8.80% (2313)	-0.02	0.31	0.15	0.89
	WW3/ST4		0.02	0.28	0.14	0.91
	WAM		0.02	0.34	0.16	0.87
新潟沖*	WW3/ST3	6.87% (301)	-0.07	0.28	0.15	0.91
	WW3/ST4		-0.03	0.28	0.15	0.91
	WAM		0.07	0.35	0.18	0.89
平良沖	WW3/ST3	2.32% (609)	0.42	0.31	0.17	0.92
	WW3/ST4		0.44	0.32	0.18	0.91
	WAM		0.73	0.60	0.34	0.84
名瀬	WW3/ST3	7.37% (1938)	0.14	0.58	0.41	0.82
	WW3/ST4		0.11	0.49	0.35	0.88
	WAM		0.25	0.52	0.37	0.83
那覇	WW3/ST3	11.10% (2918)	0.11	0.57	0.31	0.83
	WW3/ST4		0.14	0.52	0.29	0.85
	WAM		0.23	0.81	0.44	0.76
石狩新港	WW3/ST3	0.48% (125)	0.08	0.33	0.17	0.88
	WW3/ST4		0.10	0.31	0.16	0.89
	WAM		0.36	0.54	0.28	0.86
むつ小川原	WW3/ST3	39.32% (10332)	0.16	0.29	0.28	0.89
	WW3/ST4		0.14	0.27	0.26	0.90
	WAM		0.38	0.30	0.29	0.88
仙台新港	WW3/ST3	53.29% (14004)	-0.01	0.21	0.26	0.90
	WW3/ST4		-0.02	0.20	0.24	0.91
	WAM		0.39	0.25	0.30	0.87
鹿島	WW3/ST3	47.15% (12390)	0.02	0.28	0.22	0.92
	WW3/ST4		0.02	0.25	0.20	0.93
	WAM		0.19	0.30	0.24	0.91
柴山(港外)	WW3/ST3	10.45% (2746)	0.07	0.43	0.25	0.87
	WW3/ST4		0.09	0.43	0.24	0.88
	WAM		0.11	0.48	0.28	0.84
志布志湾*	WW3/ST3	27.26% (1194)	0.12	0.35	0.39	0.92
	WW3/ST4		0.09	0.34	0.38	0.92
	WAM		0.30	0.40	0.44	0.90
第二海堡	WW3/ST3	0.27% (70)	0.43	0.18	0.34	0.84
	WW3/ST4		0.38	0.17	0.31	0.85
	WAM		1.29	0.28	0.52	0.86
秋田県沖	WW3/ST3	0.30% (79)	-0.03	0.23	0.08	0.97
	WW3/ST4		-0.01	0.21	0.07	0.97
	WAM		-0.08	0.34	0.12	0.94
岩手中部沖	WW3/ST3	33.99% (8933)	0.06	0.38	0.22	0.86
	WW3/ST4		0.02	0.35	0.21	0.89
	WAM		0.08	0.43	0.25	0.84
福島県沖	WW3/ST3	24.56% (6454)	0.03	0.37	0.21	0.88
	WW3/ST4		0.01	0.33	0.19	0.90
	WAM		0.08	0.41	0.23	0.85
伊勢湾口沖	WW3/ST3	23.23% (6105)	0.28	0.42	0.29	0.90
	WW3/ST4		0.23	0.38	0.27	0.92
	WAM		0.38	0.52	0.36	0.83
高知西部沖	WW3/ST3	24.31% (6388)	0.09	0.51	0.31	0.85
	WW3/ST4		0.03	0.48	0.29	0.87
	WAM		0.12	0.58	0.34	0.80
全地点平均	WW3/ST3	-	0.10	0.38	0.27	0.88
	WW3/ST4		0.09	0.36	0.26	0.89
	WAM		0.24	0.45	0.32	0.85

※浜田，新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎。その他の地点では20分毎に観測。

※欠測がない場合の全データ数（WW3及びWAM）：26280（20分毎の観測），4380（2時間毎の観測）

付録9 各地点の推算波高と観測波高の相関図に関する各指標 (2015年, うねり性波浪)

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	29.84% (7843)	0.42	0.45	0.37	0.82
	WW3/ST4		0.40	0.45	0.37	0.83
	WAM		0.44	0.44	0.36	0.80
潮岬	WW3/ST3	35.55% (9343)	0.30	0.47	0.32	0.83
	WW3/ST4		0.26	0.47	0.32	0.83
	WAM		-0.02	0.45	0.31	0.84
高知	WW3/ST3	35.01% (9200)	0.12	0.31	0.30	0.90
	WW3/ST4		0.08	0.31	0.30	0.91
	WAM		0.27	0.34	0.33	0.88
中城湾	WW3/ST3	33.73% (8865)	0.32	0.30	0.21	0.92
	WW3/ST4		0.25	0.29	0.20	0.93
	WAM		0.44	0.37	0.27	0.88
富山	WW3/ST3	14.85% (3903)	-0.25	0.45	0.42	0.73
	WW3/ST4		-0.20	0.44	0.41	0.75
	WAM		-0.09	0.46	0.43	0.69
浜田*	WW3/ST3	11.69% (512)	-0.21	0.28	0.15	0.92
	WW3/ST4		-0.19	0.27	0.15	0.93
	WAM		-0.16	0.33	0.18	0.89
釧路	WW3/ST3	36.08% (9483)	0.12	0.33	0.25	0.89
	WW3/ST4		0.09	0.32	0.24	0.90
	WAM		0.32	0.39	0.29	0.86
留萌	WW3/ST3	1.22% (321)	0.11	0.33	0.19	0.92
	WW3/ST4		0.14	0.32	0.18	0.93
	WAM		0.28	0.40	0.23	0.90
輪島	WW3/ST3	9.12% (2398)	0.04	0.37	0.17	0.88
	WW3/ST4		0.08	0.34	0.16	0.90
	WAM		0.06	0.39	0.18	0.86
新潟沖*	WW3/ST3	7.05% (309)	-0.09	0.30	0.15	0.94
	WW3/ST4		-0.05	0.29	0.14	0.94
	WAM		0.04	0.37	0.18	0.91
平良沖	WW3/ST3	3.74% (982)	0.43	0.37	0.27	0.85
	WW3/ST4		0.49	0.34	0.26	0.87
	WAM		0.87	0.47	0.35	0.85
名瀬	WW3/ST3	7.36% (1933)	0.16	0.34	0.30	0.88
	WW3/ST4		0.11	0.28	0.25	0.92
	WAM		0.26	0.36	0.32	0.86
那覇	WW3/ST3	11.53% (3029)	0.04	0.43	0.25	0.85
	WW3/ST4		0.07	0.38	0.22	0.88
	WAM		0.23	0.57	0.34	0.78
石狩新港	WW3/ST3	1.02% (268)	-0.09	0.35	0.17	0.81
	WW3/ST4		-0.07	0.33	0.17	0.81
	WAM		0.13	0.46	0.23	0.74
むつ小川原	WW3/ST3	50.29% (13215)	0.13	0.29	0.26	0.90
	WW3/ST4		0.10	0.29	0.26	0.90
	WAM		0.35	0.33	0.30	0.87
仙台新港	WW3/ST3	63.86% (16783)	0.00	0.24	0.26	0.89
	WW3/ST4		-0.02	0.23	0.24	0.90
	WAM		0.37	0.31	0.32	0.85
鹿島	WW3/ST3	52.96% (13917)	0.02	0.28	0.21	0.92
	WW3/ST4		0.03	0.27	0.20	0.92
	WAM		0.16	0.32	0.24	0.89
柴山(港外)	WW3/ST3	11.76% (3090)	0.05	0.43	0.22	0.88
	WW3/ST4		0.08	0.43	0.22	0.88
	WAM		0.09	0.47	0.24	0.84
志布志湾*	WW3/ST3	34.84% (1526)	0.18	0.34	0.36	0.89
	WW3/ST4		0.14	0.34	0.35	0.89
	WAM		0.31	0.36	0.37	0.88
第二海堡	WW3/ST3	0.17% (44)	0.75	0.20	0.47	0.21
	WW3/ST4		0.77	0.20	0.46	0.19
	WAM		2.18	0.36	0.84	0.04
秋田県沖	WW3/ST3	0.84% (220)	0.12	0.56	0.22	0.83
	WW3/ST4		0.14	0.53	0.20	0.84
	WAM		0.07	0.51	0.20	0.82
岩手中部沖	WW3/ST3	38.88% (10218)	0.04	0.38	0.20	0.90
	WW3/ST4		0.01	0.36	0.19	0.91
	WAM		0.06	0.43	0.23	0.86
福島県沖	WW3/ST3	33.24% (8736)	0.03	0.39	0.21	0.88
	WW3/ST4		0.00	0.37	0.20	0.89
	WAM		0.05	0.44	0.23	0.85
伊勢湾口沖	WW3/ST3	27.45% (7213)	0.24	0.44	0.29	0.87
	WW3/ST4		0.19	0.42	0.28	0.88
	WAM		0.31	0.49	0.32	0.82
高知西部沖	WW3/ST3	41.29% (10851)	0.03	0.50	0.27	0.85
	WW3/ST4		-0.02	0.49	0.27	0.86
	WAM		0.05	0.57	0.31	0.81
全地点平均	WW3/ST3	-	0.12	0.37	0.26	0.85
	WW3/ST4		0.12	0.35	0.25	0.86
	WAM		0.28	0.42	0.30	0.81

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

\*欠測がない場合の全データ数 (WW3) : 26280 (20分毎の観測), 4380 (2時間毎の観測)

\*欠測がない場合の全データ数 (WAM) : 26218 (20分毎の観測), 4370 (2時間毎の観測)



付録 10 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2013 年, うねり性波浪)

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	15.73% (4134)	0.18	1.63	0.18	0.52
	WW3/ST4		0.17	1.55	0.17	0.55
	WAM		0.15	1.76	0.19	0.47
潮岬	WW3/ST3	22.54% (5923)	0.15	1.55	0.17	0.57
	WW3/ST4		0.13	1.58	0.17	0.55
	WAM		0.09	1.95	0.21	0.52
高知	WW3/ST3	29.21% (7677)	0.18	1.67	0.18	0.55
	WW3/ST4		0.16	1.72	0.18	0.51
	WAM		0.16	1.74	0.19	0.46
中城湾	WW3/ST3	23.08% (6066)	0.21	1.38	0.15	0.63
	WW3/ST4		0.20	1.39	0.15	0.61
	WAM		0.20	1.62	0.18	0.51
富山	WW3/ST3	10.34% (2717)	0.06	1.18	0.12	0.73
	WW3/ST4		0.01	0.97	0.10	0.81
	WAM		0.07	2.02	0.21	0.58
浜田*	WW3/ST3	9.59% (420)	0.11	1.14	0.13	0.64
	WW3/ST4		0.08	1.11	0.13	0.67
	WAM		0.10	1.28	0.14	0.69
釧路	WW3/ST3	29.63% (7787)	0.18	1.71	0.18	0.50
	WW3/ST4		0.17	1.73	0.19	0.49
	WAM		0.18	1.64	0.18	0.49
留萌	WW3/ST3	1.58% (415)	0.16	1.06	0.12	0.50
	WW3/ST4		0.12	0.94	0.11	0.54
	WAM		0.18	1.37	0.16	0.51
輪島	WW3/ST3	8.29% (2178)	0.13	0.92	0.10	0.75
	WW3/ST4		0.10	0.96	0.11	0.75
	WAM		0.13	1.06	0.12	0.72
新潟沖*	WW3/ST3	6.44% (282)	0.09	0.88	0.10	0.74
	WW3/ST4		0.06	0.81	0.09	0.77
	WAM		0.12	0.95	0.11	0.72
平良沖	WW3/ST3	5.89% (1547)	0.18	1.30	0.15	0.33
	WW3/ST4		0.14	1.27	0.15	0.28
	WAM		0.16	1.09	0.13	0.14
名瀬	WW3/ST3	6.72% (1767)	0.17	1.30	0.15	0.47
	WW3/ST4		0.13	1.14	0.13	0.52
	WAM		0.09	1.53	0.18	0.47
那覇	WW3/ST3	11.52% (3027)	0.12	1.25	0.14	0.55
	WW3/ST4		0.09	1.21	0.13	0.55
	WAM		0.08	1.71	0.19	0.40
石狩新港	WW3/ST3	1.88% (495)	0.09	1.46	0.17	0.21
	WW3/ST4		0.05	1.33	0.15	0.27
	WAM		0.15	1.52	0.18	0.30
むつ小川原	WW3/ST3	41.59% (10930)	0.15	1.40	0.15	0.56
	WW3/ST4		0.14	1.39	0.14	0.56
	WAM		0.19	1.48	0.15	0.53
仙台新港	WW3/ST3	53.65% (14099)	0.13	1.89	0.20	0.52
	WW3/ST4		0.12	1.95	0.20	0.51
	WAM		0.11	1.97	0.20	0.35
鹿島	WW3/ST3	48.54% (12756)	0.21	1.43	0.15	0.60
	WW3/ST4		0.20	1.43	0.15	0.60
	WAM		0.20	1.49	0.16	0.58
柴山(港外)	WW3/ST3	11.29% (2966)	0.10	0.84	0.09	0.77
	WW3/ST4		0.08	0.85	0.09	0.77
	WAM		0.11	1.00	0.11	0.77
志布志湾*	WW3/ST3	25.71% (1126)	0.22	1.52	0.16	0.55
	WW3/ST4		0.20	1.64	0.18	0.50
	WAM		0.19	1.51	0.16	0.52
第二海堡	WW3/ST3	0.05% (12)	0.55	2.82	0.32	-0.41
	WW3/ST4		0.55	2.93	0.34	-0.38
	WAM		0.65	3.84	0.44	-0.61
秋田県沖	WW3/ST3	1.64% (431)	0.14	0.86	0.10	0.46
	WW3/ST4		0.10	0.86	0.10	0.44
	WAM		0.09	1.11	0.13	0.13
岩手中部沖	WW3/ST3	33.15% (8712)	0.21	1.33	0.14	0.60
	WW3/ST4		0.21	1.34	0.14	0.60
	WAM		0.21	1.53	0.16	0.55
福島県沖	WW3/ST3	29.79% (7829)	0.25	1.44	0.15	0.52
	WW3/ST4		0.24	1.44	0.15	0.52
	WAM		0.25	1.66	0.18	0.49
伊勢湾口沖	WW3/ST3	13.84% (3638)	0.14	1.71	0.18	0.53
	WW3/ST4		0.13	1.74	0.18	0.50
	WAM		0.09	2.12	0.22	0.40
高知西部沖	WW3/ST3	21.05% (5533)	0.15	1.70	0.19	0.37
	WW3/ST4		0.15	1.66	0.18	0.39
	WAM		0.12	2.20	0.24	0.22
全地点平均	WW3/ST3	-	0.17	1.42	0.16	0.51
	WW3/ST4		0.15	1.40	0.15	0.51
	WAM		0.16	1.65	0.18	0.44

※浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が 2 時間毎. その他の地点では 20 分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3 及び WAM) : 26280 (20 分毎の観測), 4380 (2 時間毎の観測)

付録 11 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2014 年, うねり性波浪)

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	20.44% (5372)	0.17	2.06	0.22	0.51
	WW3/ST4		0.16	1.94	0.21	0.51
	WAM		0.16	2.22	0.24	0.37
潮岬	WW3/ST3	34.42% (9046)	0.14	1.54	0.17	0.59
	WW3/ST4		0.13	1.53	0.17	0.60
	WAM		0.07	2.12	0.23	0.55
高知	WW3/ST3	26.51% (6966)	0.15	1.79	0.18	0.58
	WW3/ST4		0.13	1.80	0.19	0.59
	WAM		0.13	1.99	0.21	0.52
中城湾	WW3/ST3	28.73% (7549)	0.17	1.29	0.14	0.57
	WW3/ST4		0.16	1.30	0.14	0.59
	WAM		0.16	1.55	0.17	0.49
富山	WW3/ST3	6.20% (1629)	0.09	1.74	0.19	0.42
	WW3/ST4		0.03	1.51	0.16	0.50
	WAM		-0.15	3.68	0.40	0.20
浜田*	WW3/ST3	8.24% (361)	0.09	1.54	0.17	0.36
	WW3/ST4		0.06	1.45	0.16	0.43
	WAM		0.07	1.79	0.20	0.45
釧路	WW3/ST3	28.19% (7408)	0.13	1.68	0.18	0.44
	WW3/ST4		0.11	1.63	0.18	0.46
	WAM		0.13	1.77	0.19	0.38
留萌	WW3/ST3	0.55% (144)	0.04	1.41	0.16	0.29
	WW3/ST4		0.00	1.53	0.17	0.03
	WAM		0.10	1.79	0.20	-0.05
輪島	WW3/ST3	8.80% (2313)	0.09	0.85	0.10	0.59
	WW3/ST4		0.06	0.84	0.10	0.60
	WAM		0.12	1.00	0.11	0.59
新潟沖*	WW3/ST3	6.87% (301)	0.09	1.12	0.13	0.57
	WW3/ST4		0.05	1.00	0.12	0.60
	WAM		0.12	1.10	0.13	0.54
平良沖	WW3/ST3	2.32% (609)	0.18	1.42	0.17	0.13
	WW3/ST4		0.17	1.44	0.17	0.15
	WAM		0.18	1.37	0.16	0.11
名瀬	WW3/ST3	7.37% (1938)	0.17	2.06	0.24	0.46
	WW3/ST4		0.13	1.86	0.21	0.46
	WAM		0.11	2.02	0.23	0.37
那覇	WW3/ST3	11.10% (2918)	0.13	1.41	0.16	0.66
	WW3/ST4		0.11	1.42	0.16	0.66
	WAM		0.10	1.67	0.19	0.46
石狩新港	WW3/ST3	0.48% (125)	0.24	1.10	0.13	0.21
	WW3/ST4		0.15	0.97	0.12	0.28
	WAM		0.31	1.96	0.24	0.02
むつ小川原	WW3/ST3	39.32% (10332)	0.13	1.36	0.15	0.50
	WW3/ST4		0.12	1.33	0.14	0.51
	WAM		0.16	1.42	0.15	0.49
仙台新港	WW3/ST3	53.29% (14004)	0.09	1.73	0.18	0.39
	WW3/ST4		0.08	1.72	0.18	0.39
	WAM		0.10	1.70	0.18	0.33
鹿島	WW3/ST3	47.15% (12390)	0.15	1.46	0.16	0.39
	WW3/ST4		0.15	1.47	0.16	0.40
	WAM		0.14	1.56	0.17	0.35
柴山(港外)	WW3/ST3	10.45% (2746)	0.11	1.05	0.12	0.46
	WW3/ST4		0.09	1.01	0.12	0.50
	WAM		0.13	1.27	0.14	0.47
志布志湾*	WW3/ST3	27.26% (1194)	0.18	1.61	0.17	0.59
	WW3/ST4		0.17	1.66	0.18	0.59
	WAM		0.17	1.63	0.18	0.60
第二海堡	WW3/ST3	0.27% (70)	0.19	2.05	0.24	0.17
	WW3/ST4		0.20	1.93	0.23	0.19
	WAM		0.08	2.60	0.30	-0.24
秋田県沖	WW3/ST3	0.30% (79)	0.12	1.01	0.11	0.78
	WW3/ST4		0.09	0.90	0.10	0.79
	WAM		0.07	1.05	0.11	0.66
岩手中部沖	WW3/ST3	33.99% (8933)	0.15	1.39	0.15	0.50
	WW3/ST4		0.15	1.39	0.15	0.49
	WAM		0.15	1.68	0.18	0.44
福島県沖	WW3/ST3	24.56% (6454)	0.18	1.30	0.14	0.50
	WW3/ST4		0.17	1.27	0.14	0.52
	WAM		0.19	1.56	0.17	0.43
伊勢湾口沖	WW3/ST3	23.23% (6105)	0.13	1.96	0.21	0.46
	WW3/ST4		0.13	1.88	0.20	0.49
	WAM		0.10	2.28	0.24	0.37
高知西部沖	WW3/ST3	24.31% (6388)	0.13	1.70	0.18	0.52
	WW3/ST4		0.12	1.68	0.18	0.53
	WAM		0.11	1.96	0.21	0.46
全地点平均	WW3/ST3	-	0.14	1.51	0.17	0.47
	WW3/ST4		0.12	1.46	0.16	0.47
	WAM		0.12	1.79	0.20	0.38

※浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が 2 時間毎. その他の地点では 20 分毎に観測.

※欠測がない場合の全データ数 (WW3 及び WAM) : 26280 (20 分毎の観測), 4380 (2 時間毎の観測)

付録 12 各地点の推算周期と観測周期の相関図に関する各指標 (2015 年, うねり性波浪)

地点	波浪推算モデル	解析対象データの割合(データ数)	無次元バイアス	平均二乗誤差	散乱インデックス	相関係数
下田	WW3/ST3	29.84% (7843)	0.14	1.92	0.20	0.61
	WW3/ST4		0.13	1.89	0.20	0.62
	WAM		0.12	1.94	0.21	0.59
潮岬	WW3/ST3	35.55% (9343)	0.13	1.39	0.15	0.67
	WW3/ST4		0.12	1.42	0.15	0.68
	WAM		0.06	2.07	0.22	0.57
高知	WW3/ST3	35.01% (9200)	0.14	1.69	0.17	0.63
	WW3/ST4		0.13	1.71	0.18	0.64
	WAM		0.12	1.87	0.19	0.56
中城湾	WW3/ST3	33.73% (8865)	0.18	1.25	0.13	0.67
	WW3/ST4		0.18	1.26	0.13	0.68
	WAM		0.17	1.52	0.16	0.63
富山	WW3/ST3	14.85% (3903)	0.06	1.23	0.13	0.65
	WW3/ST4		0.02	1.08	0.11	0.71
	WAM		0.02	2.74	0.28	0.37
浜田*	WW3/ST3	11.69% (512)	0.11	1.07	0.12	0.57
	WW3/ST4		0.08	1.04	0.12	0.60
	WAM		0.10	1.30	0.15	0.59
釧路	WW3/ST3	36.08% (9483)	0.17	1.68	0.18	0.65
	WW3/ST4		0.16	1.73	0.18	0.64
	WAM		0.16	1.56	0.16	0.63
留萌	WW3/ST3	1.22% (321)	0.11	1.23	0.14	0.62
	WW3/ST4		0.09	1.16	0.14	0.62
	WAM		0.18	0.93	0.11	0.55
輪島	WW3/ST3	9.12% (2398)	0.11	1.01	0.11	0.52
	WW3/ST4		0.09	1.04	0.12	0.51
	WAM		0.13	1.09	0.12	0.51
新潟沖*	WW3/ST3	7.05% (309)	0.09	1.04	0.12	0.65
	WW3/ST4		0.06	0.96	0.11	0.68
	WAM		0.13	0.99	0.11	0.64
平良沖	WW3/ST3	3.74% (982)	0.17	1.60	0.19	0.31
	WW3/ST4		0.14	1.62	0.20	0.34
	WAM		0.14	1.15	0.14	0.50
名瀬	WW3/ST3	7.36% (1933)	0.25	2.30	0.25	0.59
	WW3/ST4		0.22	2.33	0.26	0.59
	WAM		0.14	2.19	0.24	0.60
那覇	WW3/ST3	11.53% (3029)	0.09	1.20	0.13	0.73
	WW3/ST4		0.07	1.09	0.12	0.76
	WAM		0.07	1.61	0.18	0.50
石狩新港	WW3/ST3	1.02% (268)	0.12	0.96	0.11	0.49
	WW3/ST4		0.09	0.83	0.10	0.57
	WAM		0.18	1.09	0.13	0.45
むつ小川原	WW3/ST3	50.29% (13215)	0.12	1.38	0.15	0.55
	WW3/ST4		0.12	1.39	0.15	0.55
	WAM		0.16	1.36	0.14	0.57
仙台新港	WW3/ST3	63.86% (16783)	0.11	1.98	0.21	0.45
	WW3/ST4		0.10	1.99	0.21	0.46
	WAM		0.11	1.99	0.21	0.39
鹿島	WW3/ST3	52.96% (13917)	0.18	1.43	0.15	0.60
	WW3/ST4		0.17	1.45	0.15	0.60
	WAM		0.16	1.52	0.16	0.52
柴山(港外)	WW3/ST3	11.76% (3090)	0.13	0.91	0.10	0.62
	WW3/ST4		0.10	0.93	0.10	0.62
	WAM		0.13	1.15	0.13	0.57
志布志湾*	WW3/ST3	34.84% (1526)	0.19	1.67	0.17	0.58
	WW3/ST4		0.19	1.65	0.17	0.58
	WAM		0.17	1.62	0.17	0.59
第二海堡	WW3/ST3	0.17% (44)	0.54	2.12	0.24	0.45
	WW3/ST4		0.51	2.36	0.27	0.43
	WAM		0.39	2.78	0.31	0.36
秋田県沖	WW3/ST3	0.84% (220)	0.19	1.33	0.15	0.62
	WW3/ST4		0.17	1.07	0.12	0.69
	WAM		0.14	1.30	0.15	0.57
岩手中部沖	WW3/ST3	38.88% (10218)	0.19	1.33	0.14	0.63
	WW3/ST4		0.19	1.34	0.14	0.64
	WAM		0.19	1.45	0.15	0.58
福島県沖	WW3/ST3	33.24% (8736)	0.23	1.31	0.14	0.59
	WW3/ST4		0.23	1.29	0.14	0.60
	WAM		0.22	1.50	0.16	0.55
伊勢湾口沖	WW3/ST3	27.45% (7213)	0.15	1.55	0.16	0.64
	WW3/ST4		0.15	1.54	0.16	0.63
	WAM		0.10	1.85	0.19	0.60
高知西部沖	WW3/ST3	41.29% (10851)	0.09	1.86	0.19	0.55
	WW3/ST4		0.09	1.80	0.18	0.58
	WAM		0.06	1.98	0.20	0.58
全地点平均	WW3/ST3	-	0.16	1.46	0.16	0.59
	WW3/ST4		0.14	1.44	0.16	0.60
	WAM		0.14	1.62	0.17	0.54

\*浜田, 新潟沖及び志布志湾では観測が2時間毎. その他の地点では20分毎に観測.

\*欠測がない場合の全データ数 (WW3) : 26280 (20分毎の観測), 4380 (2時間毎の観測)

\*欠測がない場合の全データ数 (WAM) : 26218 (20分毎の観測), 4370 (2時間毎の観測)

港湾空港技術研究所資料 No.1358

2019. 8

編集兼発行人 国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所

発行所 港湾空港技術研究所  
横須賀市長瀬3丁目1番1号  
TEL. 046(844)5040 URL. <http://www.pari.go.jp/>

印刷所 株式会社シーケン

Copyright © (2019) by MPAT

All rights reserved. No part of this book must be reproduced by any means without the written permission of the President of MPAT

この資料は、海上・港湾・航空技術研究所理事長の承認を得て刊行したものである。したがって、本報告書の全部または一部の転載、複写は海上・港湾・航空技術研究所理事長の文書による承認を得ずしてこれを行ってはならない。



古紙配合率70%再生紙を使用しています