

瀬戸内海西部海域の波浪観測地点における1年間の波浪推算と その精度検証

Station-by-Station Wave Hindcasting Over One Year in the Western Seto Inland Sea and its Verification

山口正隆*・日野幹雄*・大福 学**・畑田佳男*・野中浩一**

Masataka YAMAGUCHI*, Mikio HINO*, Manabu OHFUKU**,
Yoshio HATADA* and Hirokazu NONAKA**

Distributions of sea surface winds on the western Seto Inland Sea are estimated over a period of more than one year based on the interpolation analyses of the measured winds at many stations surrounding the sea area and the climatic wind conditions on the sea area are investigated. The analysis reveals that southerly winds dominate in summer and northerly or northwesterly winds dominate in the remaining seasons. One-year wave hindcastings are conducted at each of the measurement stations by using the backward ray tracing model on a nested grid with high space resolution under the aforementioned wind conditions. The comparison indicates that the hindcasts of wave height yield close agreement with the measurements at each of the stations and that the hindcasts of wave period give estimates with lower quality than those of wave height due mainly to the poorly-measured wave period data in the small scale sea areas, excluding the results at Nagahama station, which provided exceptionally high correlation.

Key Words : western Seto Inland Sea, measurement-based sea surface wind distribution, wind climate, one-year wave hindcasting, wave measurement station, wave climate

1. 緒 言

山口ら^{[1], [2]}は、瀬戸内海を対象とした波浪の長期推算システムを構築し、沿岸全域に分布する多数の観測地点における推算資料と観測資料の比較から、その適用性を明らかにしてきた。当該システムは入力条件とする2種類の海上風分布のデータセットと波浪推算モデルおよび波候解析モデルよりなる。海上風分布資料の1つはNCEP/NCARによる北西太平洋領域での表面風再解析資料に台風モデル風を組み込んだ格子間隔80 kmの資料^[3]、他の1つは瀬戸内海の沿岸部と海上部における風観測資料を主体として作成した格子間隔2 kmの海上風分布資料で、時間間隔はいずれも1時間、資料期間は

*愛媛大学大学院理工学研究科（工学系）生産環境工学専攻

Engineering for Production and Environment, Graduate School of Science and Engineering, Ehime University

**愛媛大学工学部環境建設工学科

Department of Civil and Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Ehime University

原稿受理 平成20年9月10日

1983～2005 年の 23 年である。波浪推算は高地形解像度計算に容易に適用できる 1 点浅海モデル^[4]により、時間間隔 10 分で 23 年間にわたり連続して行う。そして波浪推算資料と観測資料を同時に解析して、時別特性のみならず月単位以上の波候を得る。

ところで、風観測資料を用いた海上風分布の作成にあたり、豊後水道では海上風を代表する適正な観測資料を得ることが困難であったが、最近、豊後水道の中央部北側に位置する日振島灯台で 2006 年 2 月以降の風観測資料が、大分県沿岸の鶴御埼灯台で 2004 年 12 月以降の風観測資料が公表されるようになったので、これらの地点における資料を併せて使用することにより豊後水道内の海上風分布を適切に推定することが可能になると考えられる。そこで本研究では、愛媛県の今治市と広島県の竹原市を結ぶ南北線より西側の瀬戸内海西部海域において、観測風資料に基づく海上風分布を 2006 年 1 月～2007 年 2 月の 1 年 2 ヶ月にわたり作成し、その空間特性を調べたのち、波浪観測資料を入手しうる内海域の 3 地点で波浪推算を実施し、観測資料との比較検討を通じてその精度を明らかにする。また、伊予灘に面した愛媛県長浜で海岸調査の一環として得られた 2003 年 12 月から 2004 年 2 月の冬季 3 ヶ月間における波浪観測資料に対する再現性を検討する。これは、新たに発掘・発見された短期間の波浪観測資料と推算資料との比較を通じて当該システムの適用性と信頼性を向上させることが波浪観測資料があまり得られない内海域において意味ある作業と考えるためである。

2. 海上風分布の推定

2.1 海上風分布の推定方法

Fig. 1 は瀬戸内海西部海域において 1 時間間隔の海上風分布を推定するために使用する 25 箇所の風観測地点 (○印) とそれらの地点番号 1～25、9 箇所の仮想地点 (△印) とそれらの地点番号 V1～V9 および 1 箇所の NCEP 風資料入力地点 (●印) と地点番号 NCEP1 の計 35 地点の位置と地点番号を表す。風観測資料の時間間隔は灯台で 30 分、他の地点で 1 時間であるから、灯台における資料を 1 つ飛ばしに採録する以外、そのまま使用する。3 時点までの欠測部は前後の資料の線形補間により、それ以上の期間の欠測部は近接する観測地点における資料との相関関係を利用して補充する。25 箇所の風観測地点のうち海上風観測地点は苅田と大分の 2 箇所にすぎないが、他の観測地点も海に面する空港や海岸部および灯台などに位置することから、これらの地点でもある程度海上風に近い特性が得られているとみなされよう。

観測風速は 1/7 乗則を用いて 10 m 高度風速 U_{10} としたのち、観測地点の状況を考慮して経験的に地点ごとに決めた 1.0～1.2 の係数を乗じて海上風速に変換する。風向に対する海上風補正は行わない。Fig. 1 の領域外では、台風モデル風を組み込んだ NCEP 風資料に基づく海上風分布^[3]を用いることから、これとの滑らかな接続をはかるために、足摺岬沖合の 1 地点 (NCEP1) で上記の NCEP 風資料を利用する。風資料の期間は 2006 年 1 月 1 日～2007 年 2 月 28 日までの 1 年 2 ヶ月である。豊後水道における海上風分布は豊後水道を囲む沿岸部の足摺岬 (地点番号 1)、佐田岬 (4)、九町越 (5)、佐賀関 (23)、鶴御埼 (24)、細島 (25) や海上部の土佐沖ノ島 (2)、日振島 (3、期間は 2006 年 2 月 1 日～) における風観測資料と足摺岬沖合地点 (NCEP1) の NCEP 風資料を用いて得られることから、かなり適正な評価になっていると期待される。また、伊予灘を囲む

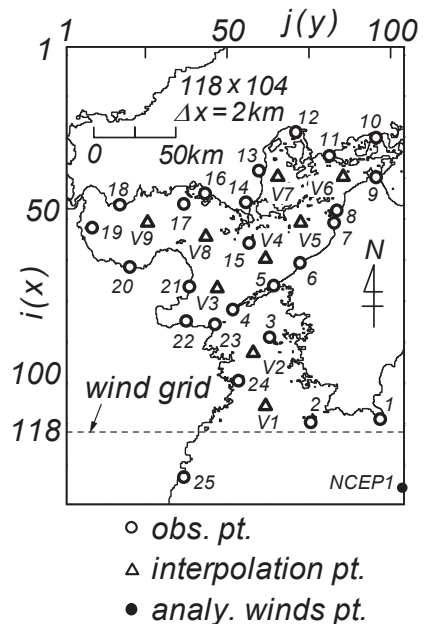


Fig. 1 Location of input points of wind data.

風観測地点は上記の佐田岬 (4) と九町越 (3) に加えて長浜 (6), 松山 (7) と和気 (8), 柳井 (14), 八島 (15), 斎灘を囲む観測地点は和気 (9), 大久野島 (10), 安芸灘地点 (11), 広島湾を囲む観測地点は安芸灘地点 (11), 宇品 (12), 岩国 (13), 柳井 (14), 周防灘を囲む観測地点は柳井 (14), 下松 (16), 周防野島 (17), 宇部 (18), 荻田沖 (19), 中津 (20), 武蔵 (21), 別府湾を囲む地点は武蔵 (21), 大分 (22), 佐賀関 (23), 佐田岬 (4) である。

海上風分布の算出にあたっては、まず 25 箇所の風観測資料と 1 箇所の NCEP 風資料に加重 1 次補間法^[5]を適用して得た 9 箇所の仮想地点における風速・風向のうち風速に、地形状況に応じて決めた係数 1.05~1.2 を乗じてそれぞれの仮想地点における海上風 (風向は補正しない) 資料としたのち、これら 9 地点を含む合計 35 地点における風資料に再度加重 1 次補間法^[5]を適用して、格子間隔 2 km の瀬戸内海西部海域における海上風分布資料を上述の 1 年 2 ヶ月にわたり 1 時間ごとに作成し、そのデータセット化をはかる。なお、伊予灘に面する愛媛県の長浜における波浪推算にあたっては、同様の方法で作成した瀬戸内海全域における 2003~2004 年の 2 年間の海上風分布資料のデータセット^[1]を利用する。

2.2 異常気象擾乱時の海上風分布

Fig. 2 は台風 0613 号時および 2006 年 2 月 8 日の季節風時の海上風分布をそれぞれ 2 時刻について与える。台風 0613 号は東シナ海を NE 方向に進行して長崎県佐世保市付近に上陸後、福岡県を経て日本海に抜けた非常に勢力の強い異常台風であり、台風に伴う強風と大雨は九州地方や四国・中国地方に甚大な災害をもたらした。台風 0613 号が佐世保市付近に上陸した 9 月 17 日 18 時には、豊後水道で 20 m/s を越える S 寄りの風の間が佐田岬周辺や別府湾で SE 方向に、周防灘東部から西部の灘奥部にかけて E 方向に変化している。伊予灘や広島湾、斎灘でも E 寄りの風向をとるが、風速は 10 m/s 程度と小さい。台風が玄界灘に抜けた 21 時には、風向は豊後水道の S 方向から伊予灘、周防灘の SE 方向にやや時計方向に変化し、風速も伊予灘、周防灘全域で 20 m/s を大きく越え、一部で 25 m/s 以上に達する領域も生じる。伊予灘東部や広島湾では、風向 SSE, 風速 15~20 m/s の風の間となっている。

また 2 月 8 日の季節風時の 12 時には、周防灘から伊予灘、別府湾で W 寄りの 10 m/s から 12.5 m/s を越える風の間、豊後水道で 10 m/s 以下の NW~NNW 寄りの風の間となっており、風向は周防灘での W 寄りから豊後水道での NNW 寄りに変化する一方、伊予灘、斎灘、広島湾では風向は W 寄りを保つ。こうした特徴は 4 時間後の 16 時においてもみられるが、佐田岬付近で 15 m/s を越える強風が出現している。各観測地点でそれぞれの周辺環境の影響を受けた風観測資料の特性が海上風分布の推定結果に現われることから、風速場の空間変化が大きい場所も存在するけれども、風向場の空間変化は滑らかである。したがって、今回の推定結果は全体として海上風の場を適正に反映していると考えられる。

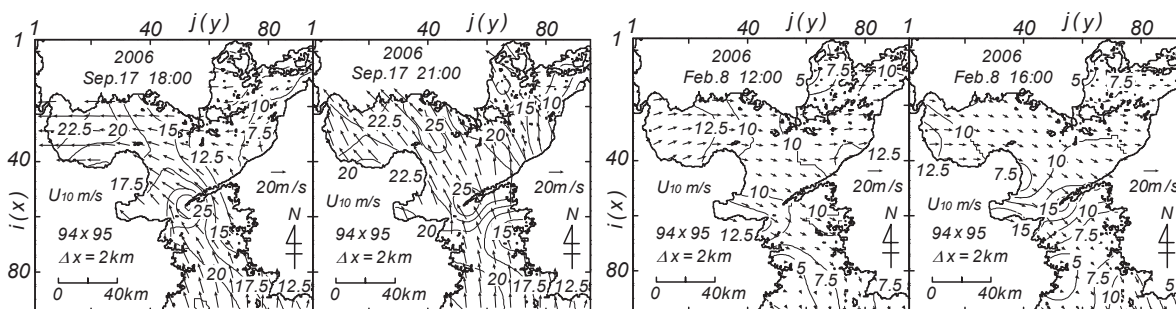


Fig. 2 Sea surface wind distribution associated with a typhoon and a depression.

2.3 風候

Fig. 3は2006年3月1日～2007年2月28日における1時間ごとの海上風分布資料を4季節に分けて求めた季節別の平均風速 \bar{U}_{10} と平均風向および風速の標準偏差 U_{σ} の空間分布を与える。冬季は2006年12月1日～2007年2月28日の3ヶ月に相当する。平均風速は2 km 格子網上の各格子点における3ヶ月間の風速の平均演算（スカラー平均）により、平均風向は3ヶ月間の風速2成分の平均演算値に対する逆正接関数計算（ベクトル平均）により求めている。

冬季と春季（3月～5月）では、風速の概略値は周防灘から伊予灘で4～5 m/s、山口県沿岸と広島湾や斎灘で3～4 m/s、別府湾で4.5～5.5 m/s、豊後水道で4～5.5 m/s を与えるが、地形の収束効果を受ける佐田岬周辺や局所地形の影響を受ける土佐沖ノ島周辺で6 m/s に達する。風向は冬季に周防灘でW寄り、豊後水道でNNW寄りに変化するが、その空間的な推移は滑らかである。春季の風向場も冬季と同様の空間変化を示すが、周防灘では冬季に比べてややN寄りの方向を与える。

夏季には風速は広島湾での2.5 m/sを初め海域全体で3～4 m/sに低下するとともに、風向場はほぼ180°変化し、S寄りの場を形成する。すなわち、豊後水道でS～SSE寄りの風向場が佐田岬付近や伊予灘西部・周防灘東部におけるSE方向を経て、周防灘西部でE～ENE方向に変化する。伊予灘東部や広島湾、斎灘で風向はSSE方向からS～SW方向をとる。

秋季には再び風速3.5～4.5 m/sで風向がN方向をとる風場に変化する。風向場は冬季と春季には、周防灘の西部から東部を経て佐田岬の周辺海域から豊後水道入口に向けて海上部を沿うように、あるいは夏季には逆方向に変化するのに対して、秋季には海域全体でN方向の風向場となる傾向にある。

風速の標準偏差 U_{σ} はいずれの季節でもおおむね平均風速に対応した大きさをもつことから、その空間分布は平均風速のそれと類似する。因みに、標準偏差の概略値は2～3.5 m/s、変動係数は40～60%であり、かなり大きい。

なお、風向場の季節変化に関連して月別の平均風速・風向の空間分布（図は省略）は、4月から5月にかけてN寄りからS寄りの風向場に、8月から9月にかけてS寄りからN寄りの風向場に変化することを示す。

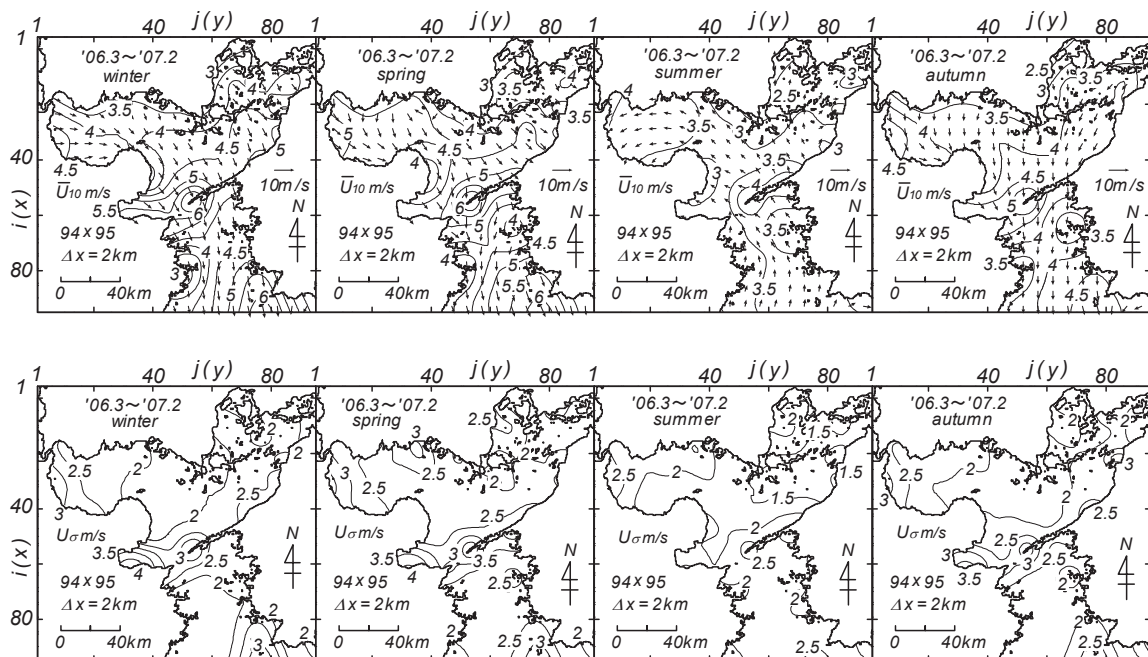


Fig. 3 Distribution of mean sea surface winds and standard deviations grouped by individual season.

3. 長期波浪の推定

3.1 波浪推算の方法

波浪推算には、計算効率が高く適用実績も十分にある1点浅海モデルを利用する。1点浅海モデルは波浪推算地点に到達する各成分波の波向線上における波浪エネルギーの発達・伝播・減衰を追跡することによって波浪推算地点における全成分波の方向スペクトルの時間変化を計算するモデルである。各成分波の波向線上に設けた波計算点における風は各波計算点の位置に応じて波浪推算地点周辺小領域で与えた観測風資料に基づく格子間隔2 kmの格子網での風資料とNCEP風資料に基づく格子間隔80 kmの北西太平洋領域格子網での風資料のいずれかに4点双1次補間式を適用して求める。計算に使用する水深格子網はFig. 4に示すよ

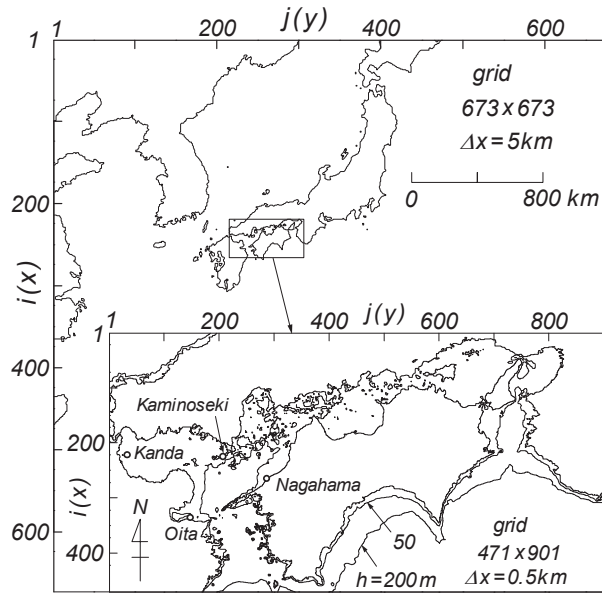


Fig.4 Nested domain for wave hindcasting and name of measurement station.

うに、格子間隔5 kmの北西太平洋大領域に格子間隔0.5 kmの瀬戸内海小領域を組み込んだ2段階高地形解像度格子網である。境界条件として、各成分波の波向線先端が陸上部に当たる場合には、そこでの方向スペクトルの値を0とおき、開境界に当たる場合には、そこでの局所風速・風向を入力値とするパラメトリックな関係式によって計算される方向スペクトルを与える。

波浪推算地点は瀬戸内海西部海域に位置する苅田（水深9 m）、大分（14 m）、上関（29 m）、長浜（14 m）の4波浪観測地点であり、その位置をFig. 4に与える。これらの地点では内湾発生波浪が卓越し、豊後水道を通過して外海から波浪が到達する可能性は上関を除いてほとんど期待されない。そのため、豊後水道における海上風分布の適正評価がこれらの地点における波浪推算精度の向上に寄与するところは少ないと考えられる。ただし、欠測となっている佐田岬漁港における波浪観測資料が再び得られる期間では、その検討が可能になる。

波浪推算に使用する周波数データとその個数は0.1~1 Hzを不等分割した23個、方向データとその個数は0~360°を10°で等分割した37個である。外海からの波浪が到達する可能性のある上関では周波数データを0.04~1 Hzを不等分割した29個とし、このうち0.1~1 Hzの23個のデータを重複させる。波浪推算の期間は苅田、大分、上関で2006年1月1日~2007年2月28日までの1年2ヶ月であり、計算は1時間ごとの海上風分布の入力条件のもとに風が1時間の間不変として、時間間隔10分で行う。また長浜では、波浪観測資料が得られている2003年12月16日~2004年2月25日の約3ヶ月間について波浪推算を実施する。

3.2 推算資料と観測資料の比較

Fig. 5は4観測地点における30~40日間の波高と周期に対する時系列の比較をそれぞれ与える。周防灘の西部奥に位置する苅田では、推算波高は5月に繰り返される波高の増減や8月の台風0610号および9月の台風0613号に伴う波高の急増減とその間の小さな増減をよく再現する。周期についても推算資料は波高が大きい時点の変化によく追従するが、低波高時には観測波高と観測周期が低い相関しかもたないことから、波高と周期の相関が高い推算資料における周期は観測周期とあまり符合しない。

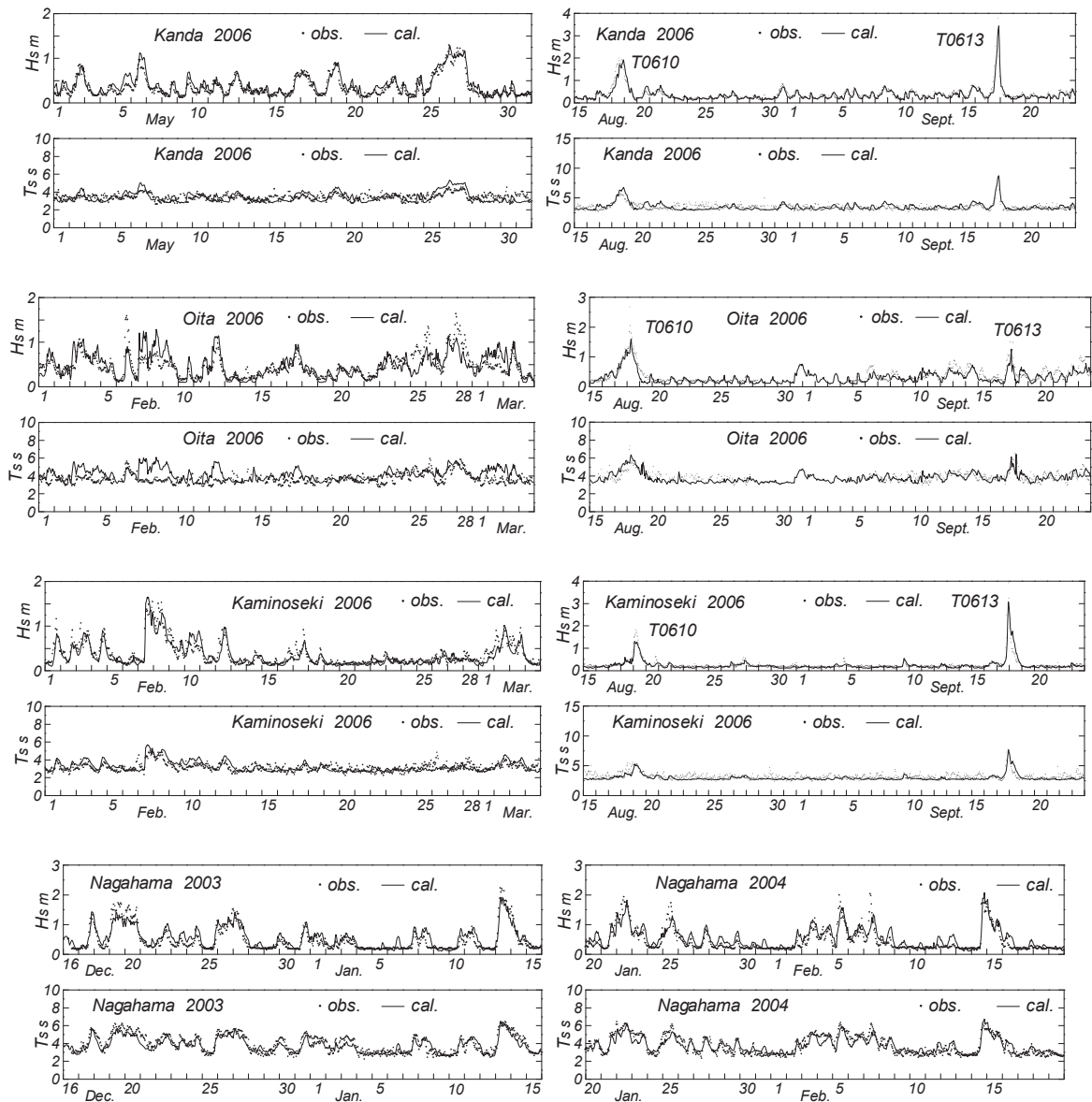


Fig. 5 Comparison of hindcasts and measurements for time variations of wave height and wave period.

ただし、低波高時における周期の時間変化の幅は小さいので、推算周期は平均的には観測周期に近い値を与える。

大分では、波高について2月末の高波高時や8月の台風0610号時などで推算波高が観測波高よりやや小さいものの、全体として推算波高は観測波高によく追従して変化している。周期については、2月の季節風時に推算周期が観測周期より大きい傾向にあるが、8月では平均的にみて両者は比較的良好に符合する。上関でも大分と同様に、2月では推算波高が観測波高より小さいストーム時もあるが、8月では両者はよく符合するし、推算周期と観測周期の平均的対応は2月、8月いずれの月でもよい。

長浜では、ストームのピーク時に推算波高が観測波高より低い場合もあるが、推算波高の経時変化は観測波高のそれとよく符合する。周期については、推算結果と観測結果の対応が他の地点に比べて例外的に良好である。これは長浜で取得された冬季の波高・周期資料は相互に密接に関連して変化しているためであり、こうした波浪観測資料に対する波浪推算の再現性は波高のみならず周期に対しても優れたものになる。内海・内湾において推算周期が観測周期とよく符合する事例はほぼ皆無であることから鑑みて、これは希有な事例であり、長浜における結果を本論文で取りあげた理由でもある。

Fig. 6 は特別波高および周期それぞれに対する推算値と観測値の散布図ならびに等値線分布を4地点について示す。図中には、誤差指標である相関係数 (ρ_H, ρ_T), 原点を通る回帰直線の勾配値 (a_{0H}, a_{0T}) および2乗平均平方根誤差 (σ_H, σ_T) を与えている。荻田では、波高について各資料値は完全相関を表す 45° 直線に沿って分布しており、推算値と観測値の対応もかなり良好である。一方、周期について、その値が大きい場合には推算値が観測値より大きく、また中程度以上の大きさの場合には 45° 直線のまわりに幅広く分布して推算値と観測値の対応が十分でない。これらの結果は波高について $\rho_H=0.913, a_{0H}=0.983, \sigma_H=0.09\text{ m}$, 周期について $\rho_T=0.268, a_{0T}=0.967, \sigma_T=0.55\text{ s}$ という誤差指標の数値によって代表される。観測波浪時系列でみたように、風波が卓越するにもかかわらず、荻田における観測周期は観測波高に追従して増減するという風波の特性を反映しないので、風波の発達・減衰に伴う波高・周期の増減を理論的帰結とする波浪推算はこうした観測周期の変化を再現しない。したがって、推算周期資料と観測周期資料から得られる相関係数は小さくなる。こうした傾向は内海・内湾で観測された周期について上記の長浜を除く全観測地点でほぼ共通してみられることから、内海・内湾における約 3.5 s 以下の観測周期資料の精度は低いと判断せざるを得ない。

大分では、高波高部で推算波高が観測波高より小さく、中波高部以下では資料値が 45° 直線のまわりに分散して比較的幅広く集まっている。周期については、資料値が 45° 直線のまわりに集まっており、等値線は円形に近い。この結果、誤差指標は波高について $\rho_H=0.760, a_{0H}=0.898, \sigma_H=0.17\text{ m}$, 周期について $\rho_T=0.112, a_{0T}=0.988, \sigma_T=0.75\text{ s}$ を与える。推算資料と観測資料の平均的対応は波高、周期のいずれについても悪くないが、相関係数で見れば、とくに周期の場合に小さいという結果になる。上関でも大分と同様の傾向にあるが、各資料値の 45° 直線まわりのばらつきが小さく、推算結果と観測結果の対応ははるかによい。誤差指標は波高について $\rho_H=0.876, a_{0H}=0.907, \sigma_H=0.12\text{ m}$, 周期について $\rho_T=0.532, a_{0T}=0.974, \sigma_T=0.50\text{ s}$ であるから、上記の特徴を裏付ける。とくに周期に関して、ここでの推算資料は観測資料に比較的近い値を与える。

長浜では、高波高部で推算値が観測値よりやや小さく、低波高部で大きい傾向にある。周期についても、長周期部と短周期部でそれぞれ同じ傾向が現われている。時系列による比較図を一見したところ、波高、周期ともに推算資料は観測資料に非常によく追従して変化しているようにみえるけれども、詳細な観察によれば、推算波浪時系列が観測波浪時列より早い増大と遅い減少を与える傾向にあるので、上記の結果が得られる。それでも、誤差指標は波高について $\rho_H=0.906, a_{0H}=1.000, \sigma_H=0.19\text{ m}$,

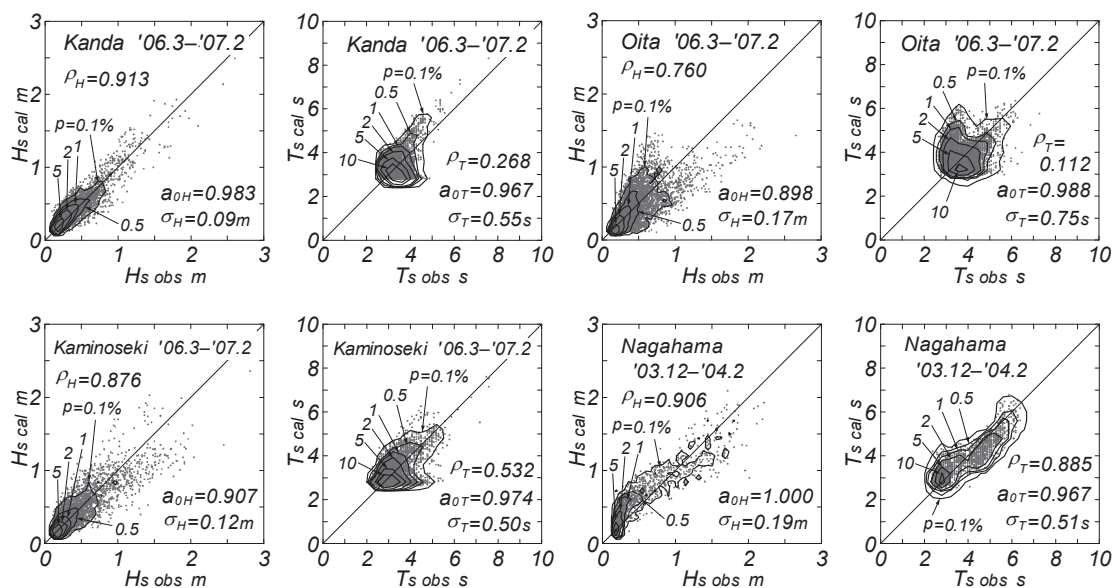


Fig. 6 Scatter diagram of hindcasts and measurements for wave height and wave period.

周期について $\rho_T=0.885$, $a_{0T}=0.967$, $\sigma_T=0.51$ s であるから、波高と周期に対する推算精度が非常に高いことを表す。とくに周期に関しては、他の内海・内湾地点で例をみないほど相関係数が 1 に近い値をとっている。

以下では、上述した波高・周期の特別資料から期間別波高・周期統計量を求め、これらについて推算結果と観測結果の比較を行う。因みに、波高統計量は波高資料の上位 1/10 と 1/3 の平均値 (H_{s10} , H_{s3}) および全体の平均値と標準偏差 (\bar{H}_s , $H_{s\sigma}$) とする。周期統計量も同様に、 T_{s10} , T_{s3} , \bar{T}_s , $T_{s\sigma}$ である。期間は 1 年あるいは 1 ヶ月、長浜では約 3 ヶ月である。

Table 1 は 1 年間 (2006 年 3 月 1 日~2007 年 2 月 28 日) の推算資料と観測資料に基づく各波高・周期統計量の一覧を与える。荻田では、波高に関して各統計量の差は最大 2 cm 以下と小さいことから、推算結果と観測結果はよく符合する。周期についても、推算資料と観測資料の対応はよい。大分では、波高、周期ともに推算結果と観測結果はよく符合しており、波浪推算の各種平均値に対する再現性はかなり高い。上関では、波高に関して 1/10 最大 (有義) 波高 H_{s10} の推算結果が観測結果よりやや低い値となっている以外、推算結果と観測結果はよく符合する。長浜 (資料期間は約 3 ヶ月) では、各波高統計量について推算結果と観測結果の大小関係が交互に変化しており、一貫した対応関係はみられない。周期についても各平均量に対して推算結果は観測結果より小さい。しかし、波高および周期の各統計量に対して、推算結果は観測結果に比較的近い値を与える。

以上の 4 地点において、各波高統計量に対する推算結果と観測結果の一致度はかなり高い。これはすでに Fig. 6 に与えた波高の誤差指標によっても支持される。各周期統計量に対する一致度もかなり良好であるし、相関係数を除く誤差指標 (Fig. 6) も推算精度が比較的高いことを示唆する。周期資料はあまり変動を伴わないために、特定の範囲に集中的にプロットされることから、周期に関する相関係数は大きい値をとらないけれども、周期の推算精度は必ずしも悪いとは言えない。

Fig. 7 は推算資料と観測資料より得た月別波高統計量 H_{s3} , \bar{H}_s および月別周期統計量 T_{s3} の月変化ならびに推算資料と観測資料による各統計量間の相関図を表す。相関図の中には、誤差指標である相関係数 $\rho(\)$ と原点を通る回帰直線の勾配値 $a_0(\)$ の数値を波高・周期統計量ごとに与えている。 H_{s3} , T_{s3} は波高と周期の各資料の大きい部分を代表させることを、 \bar{H}_s は全資料の平均値をみることを目的とする。荻田では、波高・周期の各統計量に対して推算結果と観測結果はよく符合するが、月別にそれぞれ多少の乖離もみられる。誤差指標でみると、相関係数は T_{s3} の場合を除いて 0.78 以上と大きく、勾配値も 1 前後の値をとることから、各統計量に対する再現精度は悪くない。 T_{s3} については、各資料値の変動幅が小さいために相関図において各資料が狭い範囲に集まる傾向が示すように、相関係数 $\rho(T_{s3})$ は大きくなる。しかし、この場合でも推算結果と観測結果の対応が悪いわけではない。

Table 1 Comparison of hindcasts- and measurements-based statistics for wave height and wave period.

sta- tion	\bar{H}_s m		$H_{s\sigma}$ m		H_{s3} m		H_{s10} m		\bar{T}_s s		$T_{s\sigma}$ s		T_{s3} s		T_{s10} s	
	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.	cal.	obs.
Kanda	0.31	0.30	0.21	0.22	0.52	0.51	0.77	0.79	3.27	3.35	0.47	0.42	3.77	3.78	4.34	4.14
Oita	0.34	0.35	0.24	0.24	0.62	0.60	0.88	0.91	3.73	3.71	0.58	0.56	4.40	4.33	4.98	4.86
Kami*	0.28	0.29	0.23	0.25	0.51	0.51	0.84	0.90	3.07	3.12	0.51	0.52	3.62	3.68	4.30	4.27
Naga*	0.52	0.46	0.37	0.41	0.95	0.91	1.32	1.47	3.74	3.79	0.83	1.06	4.72	5.09	5.44	5.71

Kami* : Kaminoseki, Naga* : Nagahama

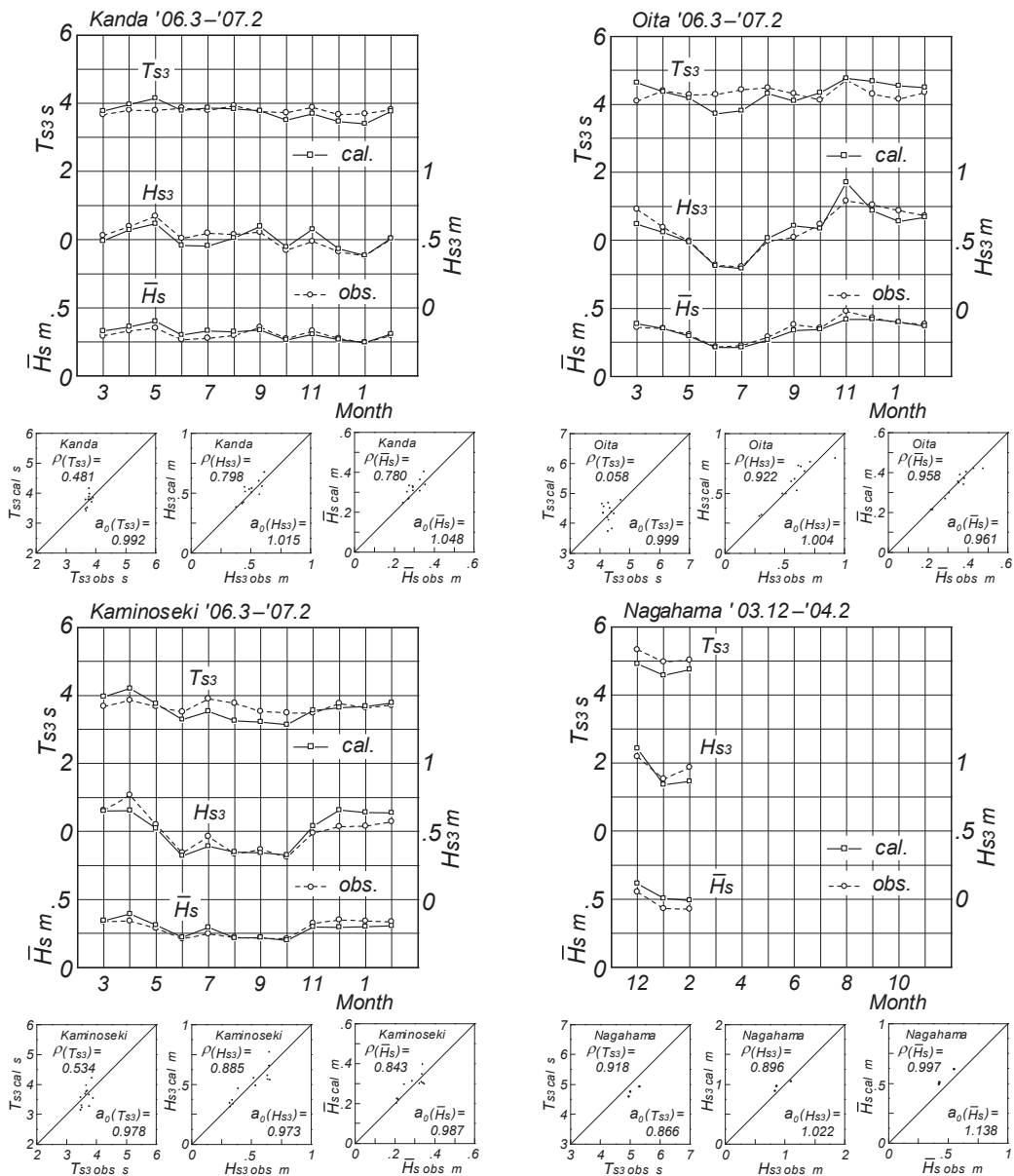


Fig. 7 Comparison of monthly-averaged statistics of wave height and wave period based on hindcasts and measurements.

大分では、波高資料 H_{s3} と \bar{H}_s の両者について推算結果と観測結果はよく対応し、推算結果は夏で小さく冬で大きい観測結果の特性を再現する。周期については推算結果は観測結果に比べて夏で小さく冬で大きい。したがって、推算結果と観測結果の相関図においても波高統計量に関する一致度が高い。誤差指標もこれを支持する。一方、周期統計量は 45° 直線のまわりに集まってプロットされる。この結果、勾配値はほぼ 1 をとるものの、相関係数は小さくなり、推算結果は観測結果とほぼ無相関であることを示す。

上関では、波高統計量に対して推算結果は観測結果に比べて冬季でやや大きく、春季でやや小さい。相関図では各資料値はややばらつくものの、相関係数は 0.84 以上と大きく、勾配値も 1 にかなり近いことから、推算精度は比較的高い。周期統計量については、推算結果は夏季と秋季で大きく、春季で小さい。このため、相関図で推算結果のプロット点がややばらつき、相関係数 ρ_T も 0.534 をとる。この値は内湾の周期に対する相関係数としては比較的大きい値であり、1 に近い勾配値と併せて判断すると、周期統計量に対する波浪推算の再現性は悪くない。

長浜では、観測期間が2ヶ月半であるので、資料は12月、1月、2月に相当する3ヶ月しか得られない。2種類の波高統計量に対して推算結果と観測結果の大小関係は一貫せず、周期統計量に対して推算結果が観測結果より小さいが、経月変化の傾向は類似する。これらの特徴は期間内における資料値の分布状況や誤差指標である相関係数と勾配値に明瞭に現われている。

以上のように、いずれの地点でも波高統計量に対して推算結果と観測結果の一致度はかなり高いが、周期統計量に対してはその度合がやや低下することがわかる。

4. 結 語

本研究では、豊後水道内での風観測体制が充実した1年間（2006年度）について瀬戸内海西部海域の海上風分布を推定するとともに、複数の観測地点における1年間（長浜では別の年の3ヶ月間）の波浪推算資料と観測資料の比較に基づいて波浪の推算精度を検討した。得られた知見の要点はつぎのようである。

（1）対象海域を囲む沿岸部や対象海域内に位置する複数の地点の風観測資料を整備し空間補間することによって、台風時や季節風時の海上風の空間分布の経時変化を追跡することが可能であり、当該海域における風況の季節別変化を合理的に評価できる。

（2）内湾発生波浪が卓越する4観測地点において、観測風に基づく海上風分布を主な入力条件とする波浪推算は波高の経時変化や波高統計量の月別変化に対して観測結果をよく再現する。周期に対しても推算結果と観測結果の平均的対応は悪くないが、その一致度は波高の場合ほど高くない。しかし長浜では、冬季波浪時の周期に対する推算精度は例外的によい。これは長浜における観測周期資料の精度が他の3地点、あるいは東京湾、伊勢湾、瀬戸内海というわが国の代表的な内湾・内海の観測地点におけるものと比べてはるかに高いことを示唆する。

最後に、多量の風・波浪観測資料を提供戴いた関係各機関に謝意を表すとともに、インターネットを通じて灯台における風観測資料を入手したことおよびNOWPHAS波浪観測資料を利用したことを付記する。

参 考 文 献

- [1] 山口正隆・日野幹雄・大福 学・畑田佳男・野中浩一：内湾・内海における波浪の長期推算システムの構築—瀬戸内海の場合—，海岸工学論文集，第54巻，pp.106-110，2007.
- [2] 山口正隆・日野幹雄・畑田佳男・大福 学・野中浩一：瀬戸内海における波浪の長期推算システムの適用性，海岸工学論文集，第55巻，2008（印刷中）。
- [3] 畑田佳男・山口正隆・大福 学・高橋秀典：表面風再解析資料を用いた波浪の長期推算システムの適用性の向上，海岸工学論文集，第52巻，pp.141-145，2005.
- [4] 山口正隆・畑田佳男・宇都宮好博：一地点を対象とした浅海波浪推算モデルとその適用性，土木学会論文集，第381号/II-7，pp.151-160，1987.
- [5] 塩野清治・弘海原 清・升本真二：パソコンで不規則に分布するデータを格子点データに変換してコンターマップを作成する方法（1）—加重一次補間法，情報地質（10），pp.65-78，1985.