

## 瀬戸内海における1961～2005年の

### ストーム時風速・波高分布の再現と極値の評価

# Estimating Storm-Generated Winds and Waves and their Extremes in the Seto Inland Sea during the 1961-2005 Year Period

山口正隆\*・畑田佳男\*\*・大福 学\*\*\*・野中浩一\*\*\*

Masataka YAMAGUCHI\*, Yoshio HATADA\*\*,  
Manabu OHFUKU\*\*\* and Hirokazu NONAKA\*\*\*

The first part of this paper discusses accuracy of hindcasts of storm-generated sea surface winds and wave heights in the Seto Inland Sea by comparison with their measurement data. Time-space variations of sea surface winds were derived from the land-based measurement winds called SDP winds at the official meteorological observatories. Then using them as an input condition, shallow water wave hindcastings in 3 sub-areas of the Inland Sea were conducted for each of around 200 storms such as typhoons and depressions selected in from the 1961-2005 year period. The comparison is made using not only the time records of winds and wave heights and their maximum values during a storm but also the frequency distributions of the error indices defined for individual time record of winds or waves. Results reveal that the hindcastings yield reasonable estimates for both winds and wave heights. The second part discusses spatial distributions of the maximum wind speed and the maximum wave height during typhoons hindcasted in 15 representative cases. Each distribution reflects the typhoon characteristics such as its course and strength. The third part investigates spatial distributions of the largest wind speed and wave height in the past 45 years and the 50-year return wind speed and wave height. A rough summary of the results is that their magnitudes are strongly local area-dependent.

*Key Words* ; The Seto Inland Sea, typhoons and depressions, 1961-2005 year period, sea wind estimation, wave hindcasting, wind speed and wave height, extreme statistics

## 1. 緒 言

わが国の代表的内湾である瀬戸内海における波高極値の推定に関して、これまでに公表されたいく

---

\*愛媛大学名誉教授

Prof. Emeritus, Ehime University

\*\* 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23年10月5日

つかの研究事例<sup>[1][4]</sup>があるけれども、数十年以上の長い期間における多くの異常ストームを対象として、瀬戸内海の周辺地形の影響を適正に評価した海上風分布を入力条件とする波浪推算に基づく研究事例はほとんどない。このなかで、山口ほか<sup>[5], [6]</sup>は瀬戸内海周辺の気象官署で取得された陸上観測風資料（SDP 風資料）に種々の補正を加えて海上風分布を推定する方法を開発し、1961～2005 年の 45 年間にわたる 1 時間間隔の海上風分布資料のデータセットを作成するとともに、1980 年以降の海上部や沿岸部の観測風に対する良好な再現性を確認した。また、この海上風分布を入力条件とした高地形解像度対応の 1 点浅海モデルを用いて 45 年間 1 時間ごとの地点別長期波浪推算を行い、波浪時系列のみならず波浪統計量に対して観測資料との比較からその有意な精度を明らかにした<sup>[7]</sup>。

本研究では 1961～2005 年の 200 ケース前後のストーム（台風、低気圧、季節風）に対して、SDP 風資料より得た海上風分布を入力条件とする波浪推算を瀬戸内海の 3 海域（西部、中部、東部）で別々に行い、1980 年以降のストーム時風速・風向と波高に対する再現性を時系列や最大値についての観測資料との比較のみならず、ストームごとに観測地点別に得た誤差指標の統計解析に基づいて詳細に検討したのち、上記の海上風分布資料および波浪推算資料から抽出した代表的な異常台風時の最大風速と最大波高の空間分布の特性を考察し、さらに風速と波高に関して 1961～2005 年 45 年間の期間最大値や 50 年再現確率値の空間分布の特性を調べる。

## 2. 波浪推算の概要

### 2.1 波浪推算の方法<sup>[8]</sup>

海上風分布は、瀬戸内海周辺の気象官署（佐田岬と土佐沖ノ島の 2 灯台を含む）における SDP 風資料に内在する風速資料の非等質性を調整したのち、海上部・沿岸部観測地点における観測相当風を推定し、ついで空間補間法を適用して求める。格子間隔は 2 km である。非等質性の調整方法、観測相当風の推定法、空間補間の方法などの詳細は山口ほか<sup>[5], [6]</sup>に述べている。SDP 風資料は、1961～1990 年では時間間隔 1 時間の直線補間値、台風 (T) 6118 号（第 2 室戸台風）、T6420 号、T6523 号等の場合には、より質の高い観測資料（1 時間間隔観測資料と 10 分単位で表示された日最大風資料）を用いて得た時間間隔 10 分の直線補間値、1991～2005 年では 1 時間間隔観測値である。

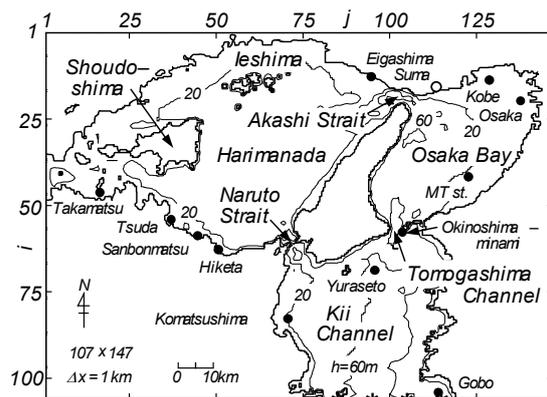
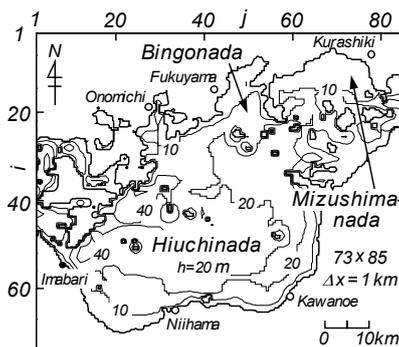
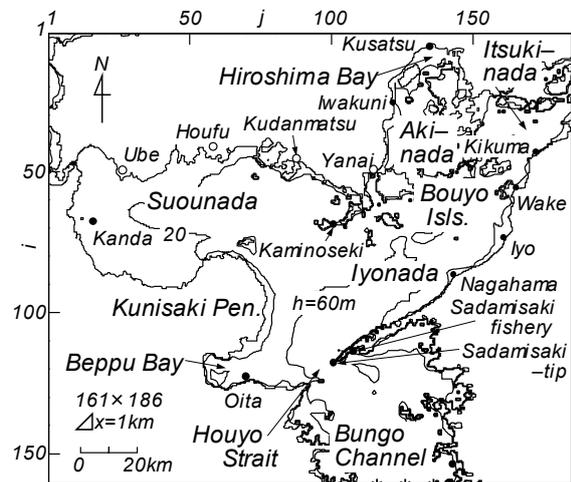


Fig. 1 Grids set on three areas of the Seto Inland Sea used in wave hindcasting and names of small sea area, bay, strait, channel, measurement station and city (upper : Western area, central : Middle area, lower : Eastern area).

Fig. 1 は瀬戸内海に設けた格子間隔 1 km の波浪推算領域と湾、海峡、島の名前および都市・地区名 (○印) や波浪観測地点 (●印) を示す。波浪推算は計算時間や対象台風の影響範囲を考慮し、瀬戸内海を西部、中部、東部の 3 海域に分けて別々に行う。波浪推算は外洋に接続する西部海域と東部海域では、各外洋境界地点 (Fig. 1 の \* 印) で外洋から入射する波浪の方向スペクトルの 1 時間間隔値を流入境界条件として与えるとともに、上記の海上風条件のもとに砕波減衰を段波モデルで近似した格子点浅海モデルによって時間間隔 1 分で 2~3 日のストーム期間ごとに行う。周波数データの個数は 0.047~1Hz で不等分割した 20 個、方向データの個数は 0~360° を 20° で等分割した 19 個 (中部海域)、あるいは 10~20° で不等分割した 24 個 (西部海域) または 27 個 (東部海域) である。流入方向スペクトルの計算は、外洋では台風モデル風を組み込んだ NCEP 風資料 (1948 年以降)、あるいは台風モデル風資料 (NCEP 風資料が存在しない 1947 年以前)、内海では SDP 風資料に基づく上記の海上風分布を入力条件とする高地形解像度対応の 1 点浅海モデルによる。流入方向スペクトルは時間に関して 1 分間隔、空間に関して 1 km 間隔で、また方向データ数が 24 または 27 個の場合、相当する方向に対して線形補間する。一方、中部海域は周囲を陸地で囲まれた閉鎖海域として陸地境界での方向スペクトルの値を 0 とする。

## 2.2 対象ストームの選択

波浪推算対象ストームは 45 年間の地点別連続波浪推算資料<sup>[7]</sup>を主とし、風・波浪観測資料、天気図、気象要覧などを参照して抽出した。3 海域別に抽出したストームは西部海域で 256 ケース (台風 139 ケース)、中部海域で 174 ケース (台風 80 ケース)、東部海域で 181 ケース (台風 71 ケース) である。上述のように、1961~1965 年の巨大台風である T6118 号、T6420 号、T6523 号に対しては、より高い精度が期待される 10 分間隔の海上風分布資料を用いる。Fig. 2 は 3. および 4. で取りあげる対象台風の経路を 4 枚の図に分割して示す。

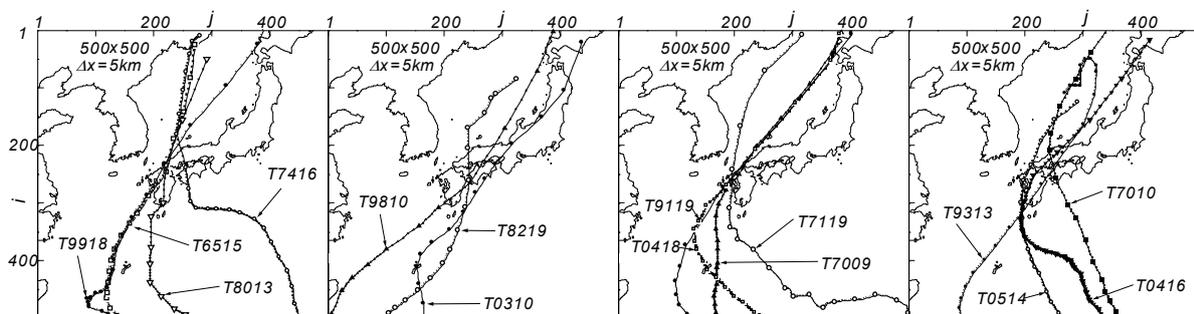


Fig. 2 Typhoon tracks used in wave hindcasting.

## 2.3 極値統計解析の方法

極値統計解析には、Yamaguchi・Hatada<sup>[9]</sup>のモデルを用いる。これは候補分布を Gumbel 分布、Weibull 分布 (形状母数  $k=0.5\sim 10$  の 27 種類)、FT-II 型分布 (形状母数  $k=2.5\sim 40$  の 20 種類) の計 48 種類とし、順序統計量の非超過確率の評価を合田<sup>[10]</sup>のプロットング公式、尺度母数と位置母数の推定を最小 2 乗法、最適分布の選択を最大相関係数基準、確率波高の分散 (平方根は標準偏差) の推定を jackknife 法による。候補分布の数を増加させるとともに、分散推定に jackknife 法を導入した点が合田<sup>[10]</sup>のモデルと異なる。

本モデルをここでは 1961~2005 年の格子点別波高の年別最大値 (AM) 資料に対する解析に適用する。資料年数  $K$ 、資料数  $N$ 、資料総数  $N_T$  を  $K=N=N_T=45$  (資料採択率  $\nu=1$ ) とする。また、風速・波高観測資料に基づく結果との比較を行うため、各観測地点でそれぞれの観測期間に対する年別最大風

速・波高推算資料と観測資料を用いた解析 ( $\nu=1$ ) も行う。

### 3. 海上風および波浪の推算精度の検証

#### 3.1 風速・風向および波高に対する観測資料との比較

瀬戸内海西部海域においては、海上風および波浪の観測資料が苅田 (風向風速計高度  $z=11$  m, 波高計設置水深  $h=9$  m), 大分 ( $z=15.8$  m,  $h=14$  m), 波浪観測資料が上関 ( $h=29$  m), 草津 ( $h=10.5$  m), 出島 ( $h=10$  m), 佐田岬漁港 ( $h=15$  m) など得られている。同様に東部海域においては、海上風および波浪の観測資料が神戸 ( $z=14$ ,  $h=17$  m), 大阪 ( $z=13.2$  m,  $h=13$  m), MT局 ( $z=17$  m,  $h=21$  m), 小松島 ( $z=15.4$  m,  $h=22$  m), 由良瀬戸 ( $z=4.5$  m,  $h=65$  m) で、波浪観測資料が江井ヶ島 ( $h=11$  m), 三本松 ( $h=7$  m), 引田 ( $h=12$  m), 沖ノ島南 ( $h=36$  m), 御坊 ( $h=36$  m) など取得されている。波浪観測資料のみが得られている地点でも沿岸部の風観測資料が取得されている。また中部海域では今治 ( $h=26$  m) で観測資料が得られていたが、現在では波高計が撤去されている。これらの観測資料は台風などに伴う異常波浪時のピーク時付近で欠測となっていることも少なくないが、ここでは西部海域で T8013 号, T9918 号の 2 台風, 東部海域で T0310 号, 西部海域と東部海域の両海域で T9119 号, T9313 号, T0416 号, T0418 号, T0514 号の 5 台風を対象として、風向・風速時系列および波高時系列に関する推算資料と観測資料の比較事例を考察するとともに、ストーム (台風と低気圧・季節風) 期間中の風速と波高の最大値に関して全台風・全観測地点における値を西部と東部の海域別にまとめて比較する。観測風速は 1/7 乗則によって 10 m 高度風速に変換する。

Fig. 3 は上述した 8 台風の生起順に各観測地点における風 (10 m 高度風速  $U_{10}$ , 風向  $\theta_w$ ) および (有義) 波高  $H_s$  の時系列を推算値と観測値について示す。風資料は海上風観測地点にはほぼ限定して与える。これから台風別につきのことが言える。

- ①九州を N 方向に進行した T8013 号時には、苅田における波高の推算値が観測値よりやや大きい、両者の経時変化は類似する。佐田岬漁港では風向・風速、波高ともに比較的よい対応がみられる。
- ②北九州の佐世保に上陸、福岡、下関から日本海を NE 方向に進行した T9119 号時には、西部海域の大分では推算風速がピーク付近で観測風速より大きい点を除けば、風向・風速に関して推算値と観測値の対応はよい。波高に関して西部海域にある苅田では観測資料がピーク値を欠くものの、推算値と観測値の時系列は類似し、大分と出島 (広島港) では両者はピーク値を含めてよく符合する。東部海域の江井ヶ島では推算値が観測値よりやや大きい、時間変化に対する追従性は比較的高い。
- ③延岡 (宮崎) から八幡浜 (愛媛)、福山 (広島) へと NE 方向に進行した T9313 号時には、西部海域の大分において推算波高がピーク値に至る時点までは観測波高よりやや大きい。また、東部海域の神戸や MT 局において風向・風速に対する推算値と観測値の対応は、神戸におけるピーク時付近の低めの評価を除けば、比較的よい。波高に関して MT 局における推算値が観測値より少し早い増大とやや緩やかな減少を示すものの、両地点において波高時系列に対する推算値と観測値の対応はよい。
- ④熊本県北部に上陸し、NE 方向に進行、下関を通過して日本海に抜けた T9918 号時には、西部海域の苅田で風速・風向に関して推算値と観測値の間にある程度の乖離があるが、大分ではピーク付近の多少大きめの評価を除いて、推算値と観測値はよく符合する。波高についても苅田ではピーク付近で推算値が観測値よりやや小さく大分では観測値よりやや大きいし、また、佐田岬漁港ではピーク値以降の観測値を欠くものの、推算値と観測値の全体的な対応はよい。
- ⑤室戸岬に上陸後、NE 方向に進行し淡路島を経て東日本へ近畿・中部地方を通り抜けた台風 0310 号時には、東部海域において紀伊水道奥の沖ノ島でとくに風速の増大期に推算値が観測値より大きいものの、内海・内湾の江井ヶ島、神戸、MT 局における推算風は観測風と比較的よく符合する。波高に関しては紀伊水道に位置する御坊、水道奥の沖ノ島や内海・内湾の江井ヶ島、神戸、MT 局において

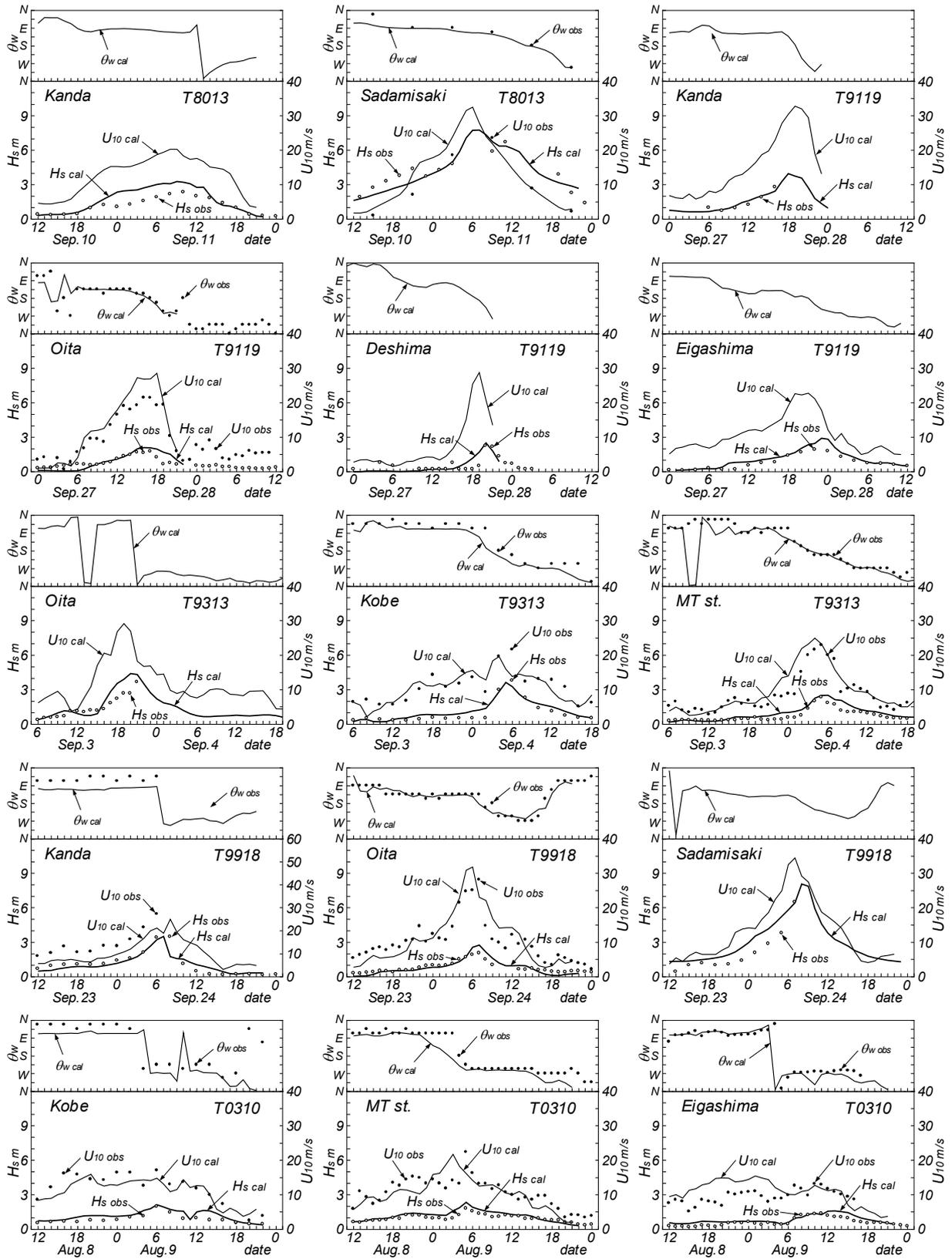


Fig. 3 Comparison between hindcast and measurement for time variations of winds and waves at measurement stations in the Seto Inland Sea (1).

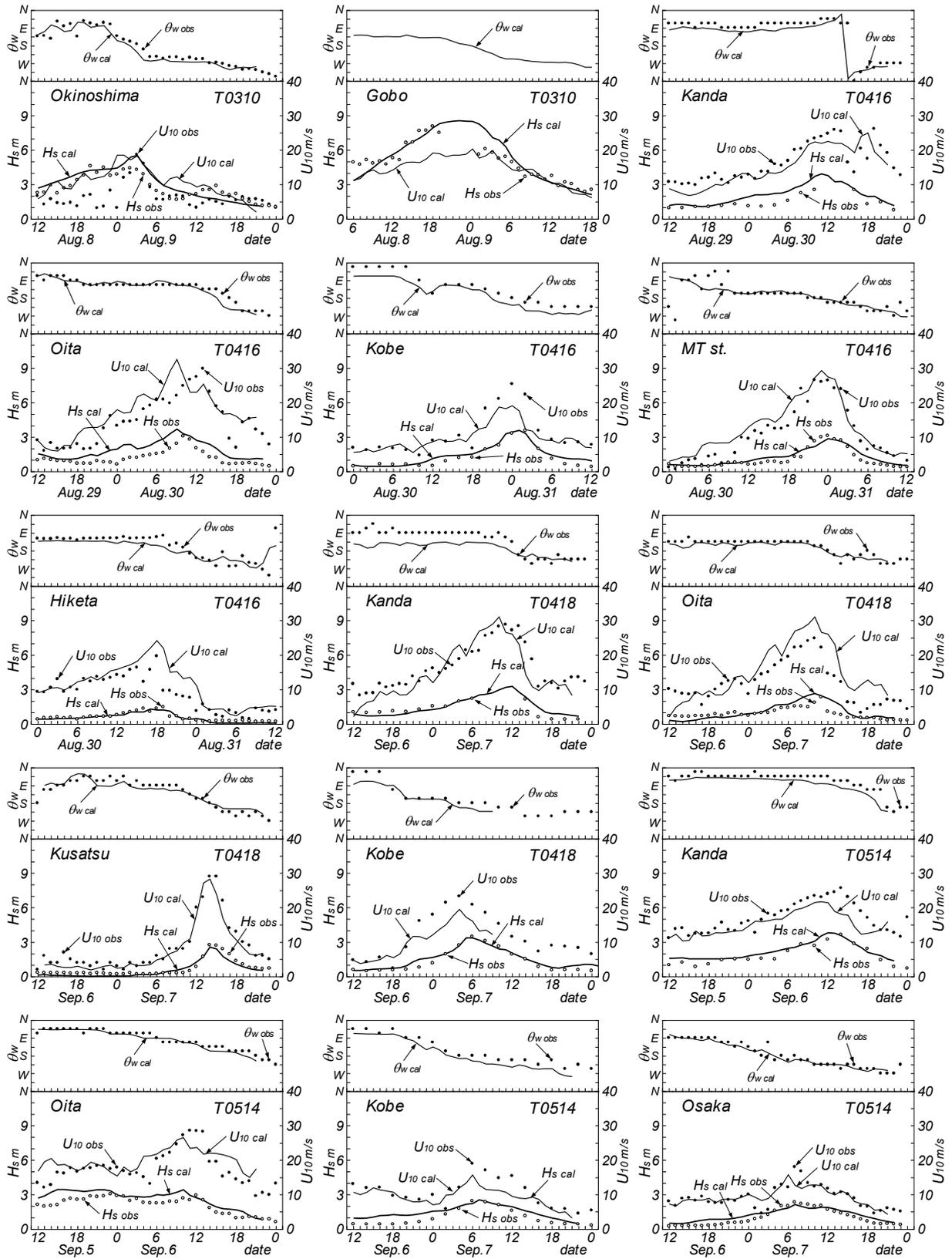


Fig. 3 Comparison between hindcast and measurement for time variations of winds and waves at measurement stations in the Seto Inland Sea (2).

推算値と観測値の一致の度合は悪くない。

⑥鹿児島県串木野付近に上陸，NNE 方向に進行して九州北部から NE 方向に周防灘を横切り日本海に抜けた台風 0416 号時には，西部海域の苅田で推算風速は観測風速よりやや小さい値を，大分で大きめの値を与えるけれども，両者の時系列の対応は悪くない。波高についても両地点において推算値が観測値より過大な値を与える傾向にある。東部海域では神戸で推算風速はピーク付近で観測風速よりやや低めの値を与えるものの，経時変化についての対応はよい。MT 局では推算値と観測値はよく符合する。波高に関して引田，神戸，MT 局における推算値はそれぞれ観測値とかなりよく符合する。

⑦九州長崎に上陸後，NE 方向に進行して下関付近を通り日本海に抜けた T0418 号時には，西部海域において推算風速が観測風速と比べて苅田で低めの値，大分で大きめの値を与える一方，草津（准海上風）では推算値と観測値の対応はよい。波高に関して苅田，大分，草津の 3 地点とも推算値と観測値はよく符合するが，大分では推算値が観測値よりやや大きい。また，苅田ではピーク付近の観測値を欠くが，ピーク前後における両者の対応はよい。東部海域では神戸で推算風速は観測風速より小さめの値を与えるけれども，波高の推算値と観測値の対応はかなり良好である。

⑧熊本県天草下島付近に上陸，NNE 方向に進路をとり，下関を通過して日本海に抜けた T0514 号時には，西部海域の苅田で推算風速は観測風速より全体的に小さめの値を与え，大分で推算風速はピーク時付近で観測風速よりやや小さい傾向にある。波高に関して推算値は苅田で観測値とよく符合する。大分では推算値は観測値よりやや大きめの値を与えるが，両者における時間変化そのものの対応は比較的よい。東部海域では，風に関して神戸と大阪いずれの地点でもピーク時付近の風速の低めの評価を除いて推算風と観測風は比較的よく符合する。波高に関して神戸と大阪の両地点で推算値と観測値の対応は多少の隔たりを除けば，かなりよいと言える。

以上に示したように，8 台風時の複数地点における合計 30 ケースの波高に関する比較事例は，個々には推算値と観測値が乖離を示すケースがある程度認められるけれども，全体的には推算値と観測値の対応が比較的良好であることを表す。これは波高の場合ほどでないけれども，風についてもある程度言える。

つぎに，Fig. 4 は観測資料が得られた全対象ストーム（台風のみならず低気圧や季節風）時の全海上観測地点における最大風速  $U_{max}$  について推算値と観測値の比較を西部海域と東部海域で別々に示す。図中には，推算値と観測値の相関係数  $\rho(U_{max})$  および原点を通る相関直線の勾配値  $a_0(U_{max})$  を与える。各データ点は  $45^\circ$  直線のまわりに多少ばらつきを伴って集まり，その特徴が相関係数  $\rho(U_{max})=0.75$ （西部海域）， $0.82$ （東部海域）で代表される。また，西部海域では勾配値  $a_0(U_{max})=1.07$  が示唆するように，推算値が観測値より若干大きい傾向にある。しかし，全体的には両海域において推算値と観測値は比較的良好よく符合すると言えよう。

Fig. 5 は観測資料が得られた全対象ストーム時の全観測地点における最大波高  $H_{max}$  について推算値と観測値の比較を西部海域と東部海域の別に示す。図には相関係数  $\rho(H_{max})$  と勾配値  $a_0(H_{max})$  を与える。

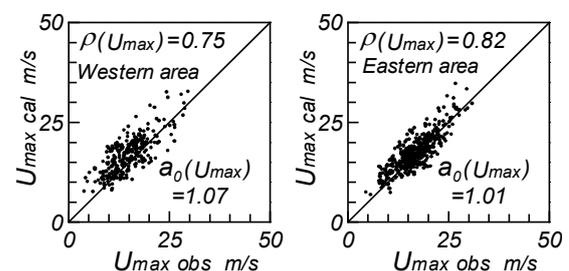


Fig. 4 Comparison between hindcast and measurement for maximum wind speed during a storm at measurement stations in Western and Eastern areas of the Seto Inland Sea.

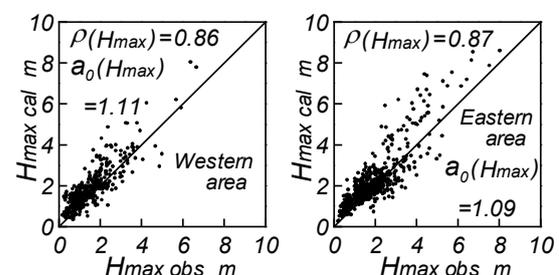


Fig. 5 Comparison between hindcast and measurement for maximum wave height during a storm at measurement stations in Western and Eastern areas of the Seto Inland Sea.

両海域における個々の資料は  $45^\circ$  直線のまわりに集まり、相関係数の値もかなり大きいことから、推算値と観測値の対応はある程度以上に良好とみなされる。しかし、東部海域では高波高資料について推算値が観測値より大きい傾向を示す。こうした結果は両海域において 1.1 前後をとる勾配値によって代表される。

上述した比較結果を総括すると、風向・風速と波高の時系列および最大値に関する推算値と観測値の比較的良好な対応は本研究における海上風推算および波浪推算の信頼性をおおむね担保すると言える。ただし、東部海域においては外洋波浪の影響を受けた高波高で推算値がやや過大評価傾向にあるのは否めない。

### 3.2 誤差指標による風速・風向および波高の推算精度の検討

Fig. 6 は Fig. 3 に例示した台風 0416 号時の MT 局における風速・風向時系列について 10 m 高度観測風速 4 m/s 以上の期間（この間の平均風速  $\bar{U}_{10obs}$ ）の推定値と観測値の散布図、および波高時系列について観測波高 0.3 m 以上の期間（この間の平均波高  $\bar{H}_{sobs}$ ）の推定値と観測値の散布図をそれぞれ与える。図中には、風速・風向・波高の各資料について相関係数  $\rho_U$ ,  $\rho_\theta$ ,  $\rho_H$ , 散布図において原点を通る直線の勾配値  $a_{0U}$ ,  $a_{0\theta}$ ,  $a_{0H}$ , 2乗平均平方根誤差  $\sigma_U$  (m/s),  $\sigma_\theta$  ( $^\circ$ ),  $\sigma_H$  (m) をそれぞれ平均風速  $\bar{U}_{10obs}$ ,  $100^\circ$ , 平均波高  $\bar{H}_{sobs}$  で無次元化した値  $\tilde{\sigma}_U (= \sigma_U / \bar{U}_{10obs})$ ,  $\tilde{\sigma}_\theta (= \sigma_\theta / 10^2)$ ,  $\tilde{\sigma}_H (= \sigma_H / \bar{H}_{sobs})$  を与える。また、最大値に対して台風（ストーム）期間中の観測最大風速  $U_{maxobs}$ , 最大波高  $H_{maxobs}$  で無次元化した最大風速  $\tilde{U}_{max} (= U_{maxcal} / U_{maxobs})$ , 最大波高  $\tilde{H}_{max} (= H_{maxcal} / H_{maxobs})$  を用いる。以上の誤差指標は風速資料に対して  $\rho_U$ ,  $a_{0U}$ ,  $\tilde{\sigma}_U$ ,  $\tilde{U}_{max}$  の 4 種類、風向資料に対して  $\rho_\theta$ ,  $a_{0\theta}$ ,  $\tilde{\sigma}_\theta$  の 3 種類、波高資料に対して  $\rho_H$ ,  $a_{0H}$ ,  $\tilde{\sigma}_H$ ,  $\tilde{H}_{max}$  の 4 種類である。因みに、本事例の波高資料は  $\rho_H = 0.95$ ,  $a_{0H} = 1.05$ ,

$\tilde{\sigma}_H = \sigma_H / \bar{H}_{sobs} = 0.29 \text{ m} / 0.91 \text{ m} \approx 0.32$ ,  $\tilde{H}_{max} = H_{maxcal} / H_{maxobs} = 2.86 \text{ m} / 3.06 \text{ m} \approx 0.93$  を与える。

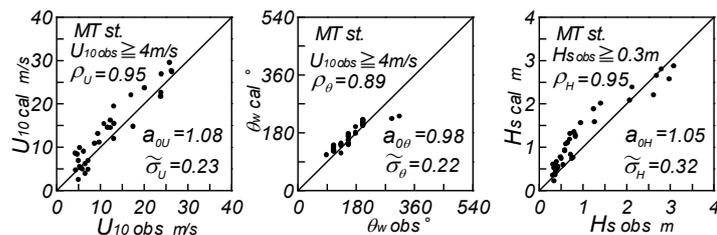


Fig. 6 Scatter diagrams between calculated and measured values for wind speed, wind direction and wave height.

誤差指標の統計解析に使用するストーム（台風・低気圧）は、風資料については 10 m 高度観測風速 4 m/s 以上の期間の平均風速が 8 m/s 以上でこの期間の最大風速が 12 m/s を越え、しかもこの期間の風向の変動範囲が 5 方位 ( $90^\circ$ ) 以上を与えるケースとする。波高資料については波高 0.3 m 以上の期間の平均波高が 0.6 m 以上で最大波高が 0.9 m を上まわるケースを選択する。外洋の波浪が入射する紀伊水道内の御坊、小松島、由良瀬戸、沖ノ島南や豊後水道北端の佐田岬漁港では、それぞれの値を 0.5 m, 1 m, 1.5 m とする。これらの制約条件の適用はあまり精度が期待されない低風速・低波高時資料を対象外とするためである。とくに、風向に対する条件は大きい相関係数 (0.9 以上) のケースに限定することを目的とする。風向変化が小さい場合にも推定風向と観測風向の対応は良好であるが、散布図上では狭い範囲に資料点が集中して小さい相関係数を生じるケースが多く、これが多数ケースの誤差指標に対する統計解析において相関係数の平均値の著しい低下と標準偏差の増大をもたらすので、上記の制約条件を課している。

海上の風観測地点は西部海域では苅田、大分のほか御荘（マリノフォーラム 21）の 3 地点、東部海域では小松島、由良瀬戸、MT 局、大阪、神戸の 5 地点である。沿岸の風観測地点は灯台、発電所の煙突、港や海岸部の観測所、橋梁などであり、その数はかなり多い。波浪観測地点は西部海域では苅田、大分、上関、草津・出島、佐田岬漁港の 5 地点と中部海域の今治（西部海域に含める）の合計 6

地点), 東部海域では紀伊水道内の御坊, 小松島, 由良瀬戸, 沖ノ島南の4地点, 内海において大阪湾内のMT局, 大阪, 神戸の3地点, 播磨灘内の江井ヶ島, 三本松, 引田, 高松の4地点の合計11地点である。

Fig. 7 は瀬戸内海西部海域の3海上観測地点(大分, 苅田, 御荘)における風速と風向に対する7種類の誤差指標をそれぞれ頻度分布として表す。全ケース数は67である。図中には, 各指標の平均値  $m$  と標準偏差  $\sigma$ , および出現率  $\gamma$  を与える。出現率  $\gamma$  は波高に関するものを含めて各誤差指標について指定値以上 ( $\rho_U > 0.75$ ,  $\rho_\theta > 0.95$ ,  $\rho_H > 0.80$ ), または以下 ( $\tilde{\sigma}_U < 0.30$ ,  $\tilde{\sigma}_\theta < 0.25$ ,  $\tilde{\sigma}_H < 0.40$ ), あるいは指定値の範囲内 ( $a_{0U} = 0.9 \sim 1.1$ ,  $a_{0\theta} = 0.9 \sim 1.1$ ,  $a_{0H} = 0.80 \sim 1.20$ ,  $\tilde{U}_{max} = 0.85 \sim 1.15$ ,  $\tilde{H}_{max} = 0.80 \sim 1.20$ ) のケース数の, 全ケース数に対する割合で代表させる。図中の実線は平均値  $m$ , 点線はこれに標準偏差  $\sigma$  を加・減した  $m \pm \sigma$  を表す。風速に関して相関係数  $\rho_U$  は0.5以上をとり比較的幅広く分布するが,  $a_{0U}$  は0.7~1.4の範囲で0.8~1.2の間に,  $\tilde{\sigma}_U$  は0.6以上で0.2~0.4の間に集中する。 $\tilde{U}_{max}$  は0.7~1.5の範囲で0.9~1.3の間に比較的集まる。風向に関しては,  $\rho_\theta$  は0.9以上に,  $a_{0\theta}$  は0.9~1.1の間に,  $\tilde{\sigma}_\theta$  は0.1~0.4の間に主に分布する。これらの特性は風速・風向資料について推定値と観測値が比較的よく対応するが, 風速に関しては両者の間のある程度のばらつきと, 最大風速に対する10%程度の過大評価の傾向を示唆する。

同様に, Fig. 8 は東部海域の5海上観測地点(小松島, 由良瀬戸, MT局, 大阪, 神戸)における結果を示す。全ケース数は253と, 西部海域のそれの約4倍に達する。風速に関して  $\rho_U$  は0.5以上で0.80~0.95の間に,  $a_{0U}$  は0.6~1.4の範囲で0.8~1.1の間に,  $\tilde{\sigma}_U$  は0.5以下で0.1~0.4の間に比較的集中し,  $\tilde{U}_{max}$  も0.6~1.4で0.8~1.2の間に多く集まることから, 推定風速と観測風速の対応は最大風速を含めてかなりよい。風向に関しては  $\rho_\theta$  は0.6以上で0.9~1の間に,  $a_{0\theta}$  は0.7~1.3の範囲で0.9~1.1の間に,  $\tilde{\sigma}_\theta$  は0.6以下で0.1~0.4の間にほぼ集まることから, 推定風向と観測風向の対応もかなり良好と言える。

Table 1 は海上地点および沿岸地点における風速・風向に対する各誤差指標の平均値と標準偏差および出現率の一覧を与える。これによると, 西部海域における海上風の結果(West. sea)では東部海域における海上風の結果(East. sea)に比べて相関係数  $\rho_U$ ,  $\rho_\theta$  および各誤差指標の出現率  $\gamma$  がより小さく,  $\tilde{U}_{max}$  は観測値より10%以上上まわり, しかも誤差指標の標準偏差もより大きいことから, 西部海域における海上風の推定精度が東部海域におけるものより低い傾向が指摘される。

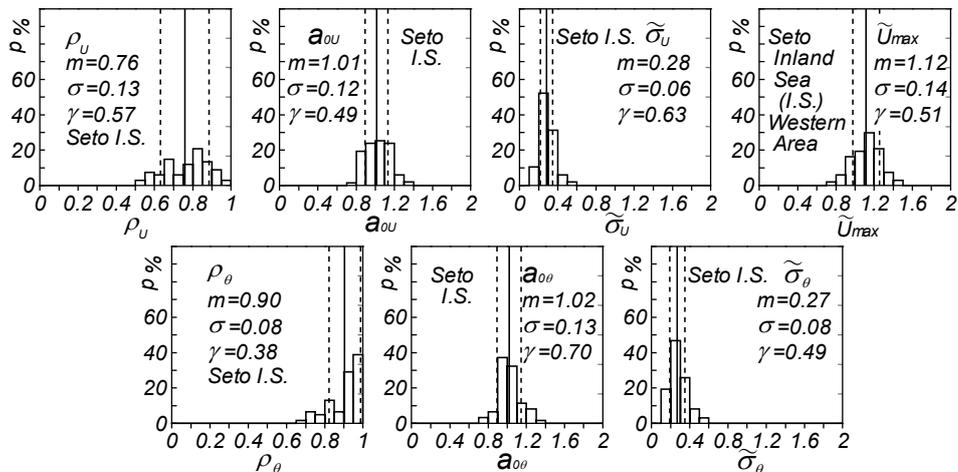


Fig. 7 Histograms of 7 error indices for wind speeds and wind directions at sea stations in Western area of the Seto Inland Sea.

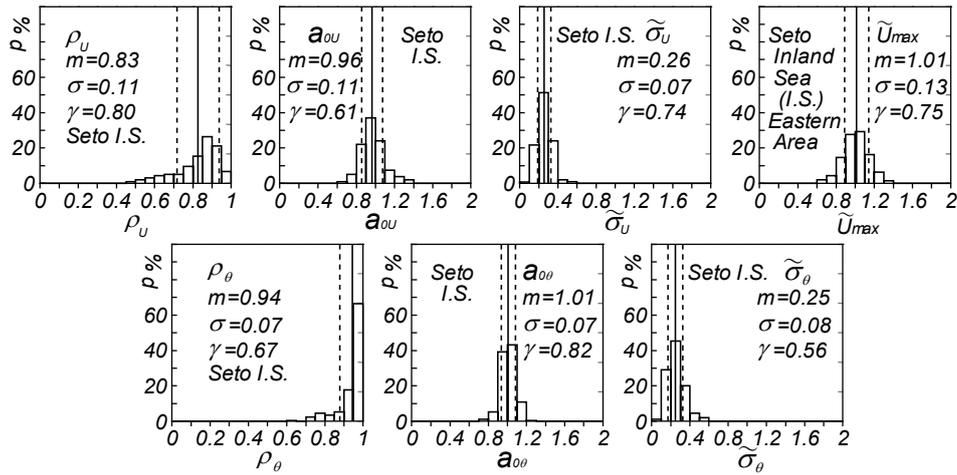


Fig. 8 Histograms of 7 error indices for wind speeds and wind directions at sea stations in Eastern area of the Seto Inland Sea.

Table 1 Mean, standard deviation and range-limited occurrence rate for each of winds-related 7 error indices at sea and coastal stations(stns.) in Western, Middle, Eastern areas of the Seto Inland Sea (I.S.) .

Seto I.S.	stns.	N	$\rho_U \times 10^2$			$a_{0U} \times 10^2$			$\tilde{\sigma}_U \times 10^2$			$\tilde{U}_{max} \times 10^2$		
			m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$
West.	sea	67	76	13	57	101	12	49	28	6	63	112	14	51
	coast	358	70	13	38	97	11	62	31	7	43	102	14	68
Middle	coast	278	74	12	51	97	10	65	26	6	74	103	15	66
East.	sea	253	83	11	80	96	11	61	26	7	74	101	13	75
	coast	215	76	12	56	97	12	56	29	6	54	106	15	60
condition			$\gamma(>75)$			$\gamma(90\sim 110)$			$\gamma(<30)$			$\gamma(85\sim 115)$		
Seto I.S.	stns.	N	$\rho_\theta \times 10^2$			$a_{0\theta} \times 10^2$			$\tilde{\sigma}_\theta \times 10^2$					
			m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$			
West.	sea	67	90	8	38	102	13	70	27	8	49			
	coast	358	95	4	56	99	7	87	28	7	40			
Middle	coast	278	95	5	71	98	7	84	24	6	61			
East.	sea	253	94	7	67	101	7	82	25	8	56			
	coast	215	96	4	71	99	5	93	21	6	76			
condition			$\gamma(>95)$			$\gamma(90\sim 110)$			$\gamma(<25)$					

ついで、Fig. 9 は西部海域の 14 沿岸観測地点における結果 (ケース数 358), Fig. 10 は中部海域の 12 沿岸観測地点における結果 (ケース数 278), Fig. 11 は東部海域の 10 沿岸観測地点における結果 (ケース数 215) を表す。対象地点数はいずれの海域でもかなり多い、因みに、西部海域の沿岸観測地点は松山 (空), 松山港和気海岸, 九町越, 佐賀関, 安芸灘 (橋), 岩国 (発), 水防中津 (港), 大分 (空), 宇部 (空), 下松 (発), 柳井 (発), 豊後高田, 八島 (灯), 周防野島 (灯) の計 14 地点である。ここに ‘発’ は発電所, ‘灯’ は灯台, ‘橋’ は通称 ‘大橋’, ‘空’ は空港を意味する。中部海域の沿岸観測地点は六島 (灯), 坂出 (発), 下津井 (レーダー), 水島 (発), 福山 (信号所), 新居浜 (港), 百

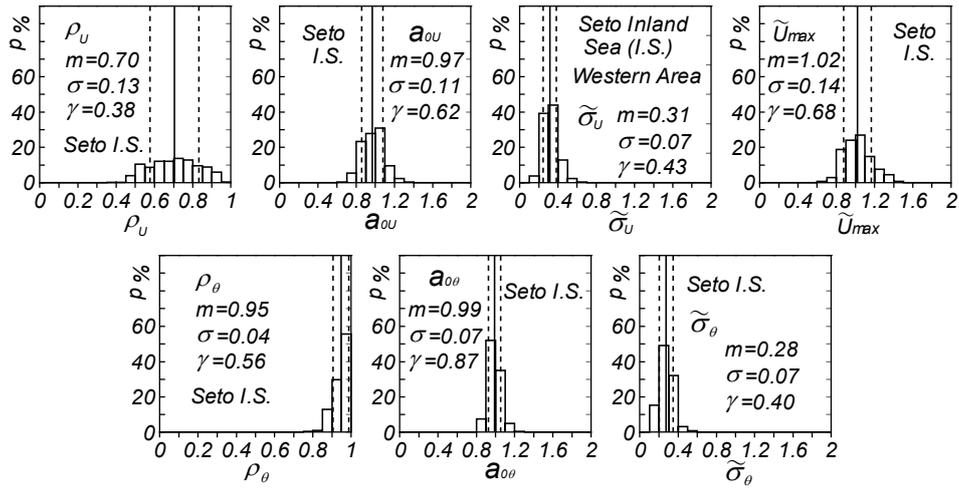


Fig. 9 Histograms of 7 error indices for wind speeds and wind directions at coastal stations in Western area of the Seto Inland Sea.

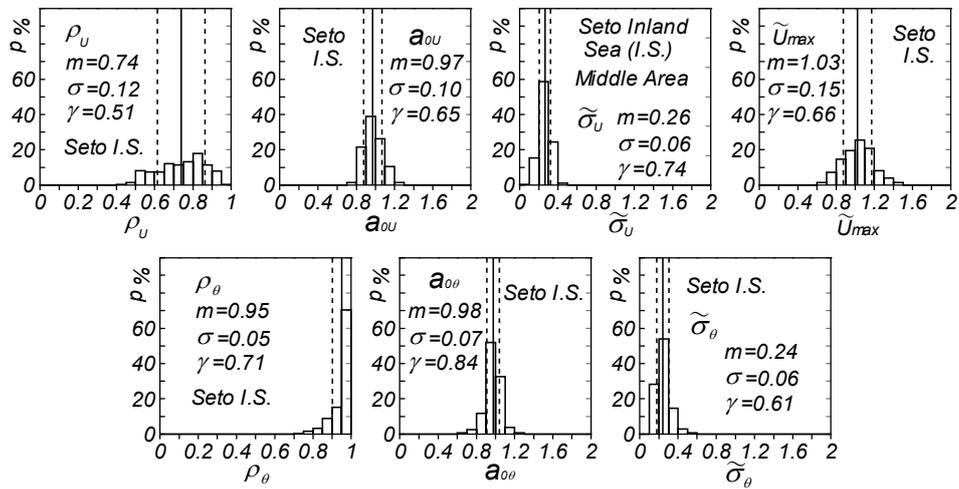


Fig. 10 Histograms of 7 error indices for wind speeds and wind directions at coastal stations in Middle area of the Seto Inland Sea.

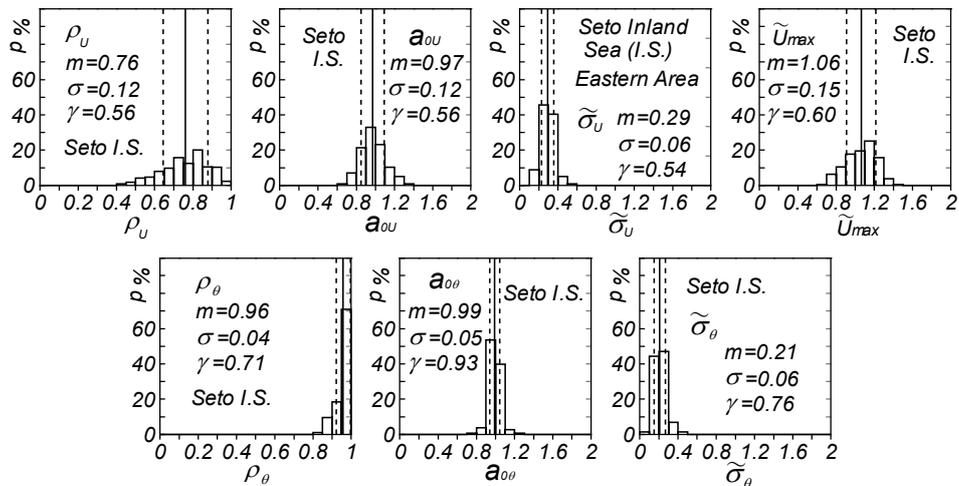


Fig. 11 Histograms of 7 error indices for wind speeds and wind directions at coastal stations in Eastern area of the Seto Inland Sea.

貫島 (灯), 多々羅 (橋), 高井神島 (灯), 大久野島 (灯), 今治 (港), 西条 (発) の計 12 地点, 東部海域の沿岸観測地点は阿南 (発), 孫崎 (灯), 沖ノ島南, 志筑 (港), 明石海峡 (橋), 江井ヶ島, 飾磨 (港), 地蔵崎 (灯), 引田 (港), 高松 (港) の 10 地点である。

これらによると, 沿岸地点における風速・風向に対する推定精度も海上地点の場合と同様に全海域でかなり良好である。海域別にみると, 西部海域における沿岸風の精度は中部海域および東部海域における沿岸風の精度よりやや低い。すなわち誤差指標でみれば, 風速に関して西部海域で得られた相関係数  $\rho_U$  と  $\rho_U > 0.75$  の出現率  $\gamma$  は相対的に小さいし,  $\tilde{\sigma}_U$  は大きく,  $\tilde{\sigma}_U < 0.30$  の  $\gamma$  も小さい。風向に対して  $\rho_\theta > 0.95$  の出現率  $\gamma$  は小さい。また, 沿岸地点における風速の推定精度は海上地点における風速の推定精度より全般的にやや低いことが各誤差指標の頻度分布図やその平均値と標準偏差および出現率の比較からうかがえる。ただし, 西部海域では海上地点の最大風速は過大評価傾向にある。一方, 風向に関しては沿岸地点における推定精度が海上地点における推定精度を上まわり, とくに西部海域でその傾向が明らかである。なお, 上述したように Table 1 に西部海域の沿岸地点 (West. coast), 中部海域の沿岸地点 (Middle coast) および東部海域の沿岸地点 (East. coast) における各誤差指標の平均値, 標準偏差, 出現率の一覧を与えており, これらからも上記の特徴が言える。

Fig. 12 は瀬戸内海西部海域の全 5 波浪観測地点 (苅田, 大分, 上関, 佐田岬漁港に加えて, 中部海域の今治) における 4 種類の波高誤差指標の頻度分布 (ケース数 112) を示す。図中には, 平均値  $m$ , 標準偏差  $\sigma$ , 範囲を限定した出現率  $\gamma$  と,  $m$  および  $m \pm \sigma$  を表す線 (実線と点線) を与える。相関係数  $\rho_H$  はある程度幅広く分布 ( $m=0.78$ ,  $\sigma=0.12$ ) し, 2 乗平均平方根誤差  $\tilde{\sigma}_H$  も必ずしも小さくない。また, 勾配値  $a_{0H}$  および最大波高  $\tilde{H}_{max}$  はそれぞれ 7% および 9% 大きい。4 種類の誤差指標の各平均値と標準偏差および出現率は, 全般的に推算波高と観測波高の対応が悪くはないものの, 必ずしもよいとも言えない状況, および推算波高が観測波高より若干大きい傾向を示唆する。

Fig. 13 は瀬戸内海東部海域の全 11 波浪観測地点 (外洋からの入射波浪を受ける紀伊水道内の御坊, 小松島, 由良瀬戸, 沖ノ島南の 4 地点, 内海にあたる大阪湾内の MT 局, 大阪, 神戸の 3 地点と播磨灘内の江井ヶ島, 引田, 三本松, 高松の 4 地点) における各波高誤差指標の頻度分布 (ケース数 258)

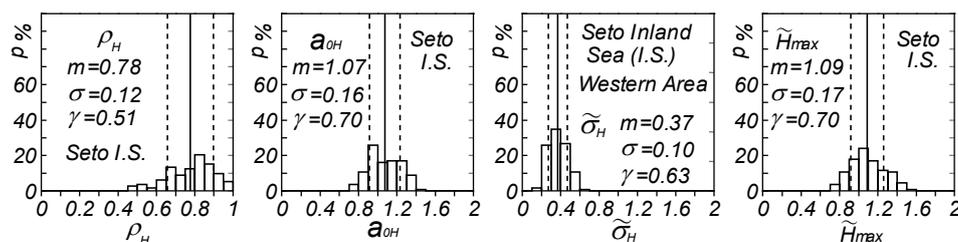


Fig. 12 Histograms of 4 error indices for wave heights at measurement stations in Western area of the Seto Inland Sea.

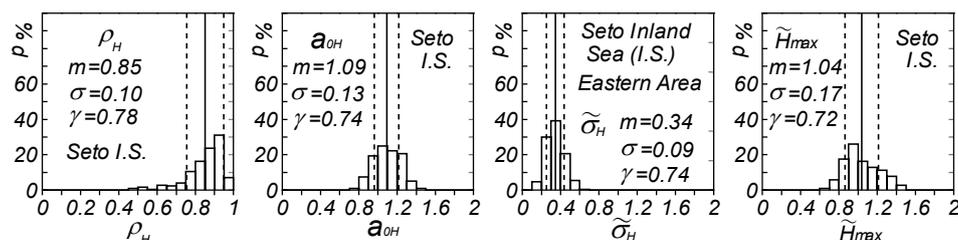


Fig. 13 Histograms of 4 error indices for wave heights at measurement stations in Eastern area of the Seto

を示す。勾配値  $a_{0H}$  の平均値 1.09 が表すように推算波高が観測波高より平均的に 9 % 大きいものの、相関係数  $\rho_H$  はかなり 1 に近く、2 乗平均平方根誤差  $\tilde{\sigma}_H$  も 0.4 以下で多数を占める。各出現率  $\gamma$  も 0.7 を越える。また、最大波高に関して推算値が観測値より 4 % 大きい程度である。これらの指標値の特徴から、東部海域においても西部海域と同様に推算波高は観測波高を上まわる傾向にあるものの、両者の対応は西部海域の結果より良好であり、最大波高に対する平均的な再現性も悪くないと推測される。Table 2 は各波高誤差指標の統計量の一覧を西部海域と東部海域についてまとめて与える。

なお、 $\rho_\theta > 0.7$ 、 $a_{0\theta} = 0.8 \sim 1.2$  かつ  $\tilde{\sigma}_\theta < 0.35$  の条件のもとで  $\rho_U > 0.7$ 、 $a_{0U} = 0.8 \sim 1.2$ 、 $\tilde{\sigma}_U < 0.35$ 、 $\tilde{U}_{max} = 0.75 \sim 1.25$  の各条件を同時に満たすケース数の割合は瀬戸内海全域の海上風で 70 % および沿岸風で 44 %、小海域別の沿岸風について西部海域で 34 %、中部海域で 53 %、東部海域で 51 % であるから、全体としては海上風の推定精度が沿岸風の精度よりやや高いことや、沿岸風について東部海域と中部海域における精度が相対的に西部海域における精度を上まわることが示唆される。また、波高に関して  $\rho_H > 0.75$ 、 $a_{0H} = 0.7 \sim 1.3$ 、 $\tilde{\sigma}_H < 0.5$ 、 $\tilde{H}_{max} = 0.6 \sim 1.4$  の各条件を同時に満たすケース数の割合は西部海域で 47 %、東部海域で 80 % であることから、東部海域における波高の推定精度が平均的にみて西部海域におけるものを有意な程度に上まわると言えよう。

Table 2 Mean, standard deviation and range-limited occurrence rate for each of wave heights-related 4 error indices at sea and coastal stations in Western, Middle, Eastern areas of the Seto Inland Sea (I.S.) .

Seto I.S.	N	$\rho_H \times 10^2$			$a_{0H} \times 10^2$			$\tilde{\sigma}_H \times 10^2$			$\tilde{H}_{max} \times 10^2$		
		m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$	m	$\sigma$	$\gamma$
West.	112	78	12	51	107	16	70	37	10	63	109	17	70
East.	258	85	10	78	109	13	74	34	9	74	104	17	72
condition		$\gamma (> 80)$			$\gamma (80 \sim 120)$			$\gamma (< 40)$			$\gamma (80 \sim 120)$		

#### 4. 代表台風時の最大風速と最大波高の空間分布

##### 4.1 代表台風の抽出

ここでは 3. で風速・風向と波高の時系列に対して観測値との比較を行った台風などを中心に、台風の経路や勢力を考慮に入れて対象台風を選択した。Table 3 は対象台風の海域別一覧を示す。以下では各台風について経路、(10 m 高度) 最大風速  $U_{max}$  と風向の空間分布、最大 (有義) 波高  $H_{max}$  と波向の空間分布を与える。経路図には、台風特性として日時、中心の緯度、中心気圧  $p_c$  および台風半径  $r_0$  を含む。各図は同じ型式の図から構成されるので、本文における図の説明を省略する。図は最初に 3 海域について別々の台風時の結果、ついで 3 海域同じ台風時の結果を掲載する。

Table 3 Name of representative typhoons with day period where wave hindcastings were conducted.

typ. name	period m/d-m/d	typ. name	period m/d-m/d
T6515 <sup>a</sup>	8/5-8/6	T9313 <sup>*</sup>	9/3-9/4
T7009 <sup>*</sup>	8/14-8/15	T9810 <sup>c</sup>	10/16-10/18
T7010 <sup>*</sup>	8/20-8/22	T9918 <sup>a</sup>	9/23-9/24
T7119 <sup>*</sup>	8/4-8/5	T0310 <sup>c</sup>	8/8-8/9
T7416 <sup>b</sup>	8/31-9/1	T0416 <sup>*</sup>	8/29-8/30
T8013 <sup>a</sup>	9/10-9/11	T0418 <sup>*</sup>	9/6-9/7
T8219 <sup>b</sup>	9/24-9/25	T0514 <sup>*</sup>	9/4-9/6
T9119 <sup>*</sup>	9/26-9/27		

a : Western area, b : Middle area, c : Eastern area  
\* : Whole area (a, b, c)

## 4.2 海域別台風時最大風速と最大波高の空間分布

### (1) T6515号 (Fig. 14)

#### 1) 台風特性と被災状況<sup>[11]-[13]</sup>

本台風は1965年(昭和40年)7月24日北緯7°付近で発生、WNW方向に進行後、25日9時頃北緯22°のフィリピン東方海上で進路をNNW方向に変え、8月4日9時沖縄本島南端のすぐ南西側に達した(中心気圧965 hPa)。その後、NNE方向に進み、5日4時頃奄美大島南方海域(中心気圧950 hPa)を経て6日4時頃熊本県牛深付近に上陸、6日9時周防灘(中心気圧960 hPa)を経て日本海に達した。最低観測気圧は大分で976.5 hPa、下関で976.7 hPa、防府で973.9 hPa、広島で984.3 hPaと、瀬戸内海周辺海域の観測地点においてもかなり低い。台風に伴う大雨と強風によって九州や中国地方で大きな被害が出た。死者28名、家屋被害8,400棟、浸水被害5,700棟である。

#### 2) 最大風速・風向の空間分布(西部海域)

台風の経路に対応して、風向は豊後水道でSからSE、伊予灘西部のSEから周防灘でE方向に変化し、伊予灘東部から安芸灘・広島湾でSをとる。風速は20~30 m/sを与え、佐田岬周辺の海域、周防灘西部や安芸灘北部・広島湾で25 m/sを上まわる。

#### 3) 最大波高・波向の空間分布(西部海域)

豊後水道境界で5 mの波高が豊予海峡に向けて6 mに増加する。波向はSからSSEにやや傾く。内海では波高は豊予海峡付近の6 mから対岸の山口県下松付近で4 mに減少する。4 m波高域は周防灘西部にも広がる。別府湾では波高は2 mに減じる。伊予灘では波高は東部で2 mへと小さくなるが、安芸灘の北部では3 mに達する。斎灘では1~2 mをとる。台風の経路を反映して、波高は豊予海峡から周防灘で相対的に大きい。

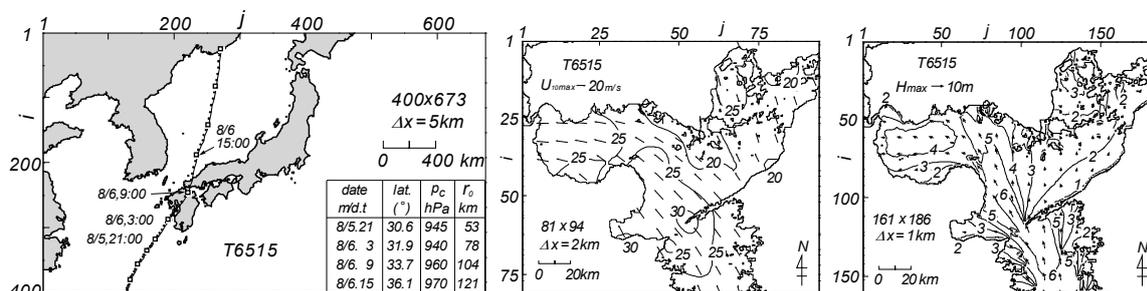


Fig. 14 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in western area of the Seto Inland Sea generated by T6515.

### (2) T8013号 (Fig. 15)

#### 1) 台風特性と被災状況

1980年(昭和55年)9月7日9時マリアナ諸島西方海上で台風が発達、WNW方向、ついでNW方向に進路をとり、8~9日に沖縄本島付近に向けて進行し、10日9時沖縄本島南東海上に達したのち、N方向に進んで11日8時頃大隅半島に上陸(中心気圧962 hPa)、15時過ぎ山口県西部から日本海に抜けた。最低観測気圧は延岡で973.4 hPa、大分で971.0 hPa、下関で974.3 hPa、松山で979.5 hPa、広島で978.8 hPaであるから、かなり低い。四国東部や九州東部で大雨による被害が発生した。死者8名、家屋被害13棟、浸水被害4,000棟となっている。

#### 2) 最大風速・風向の空間分布(西部海域)

風向はT6515号時と類似し、豊後水道から豊予海峡、伊予灘西部、周防灘にかけてSSEからSEに

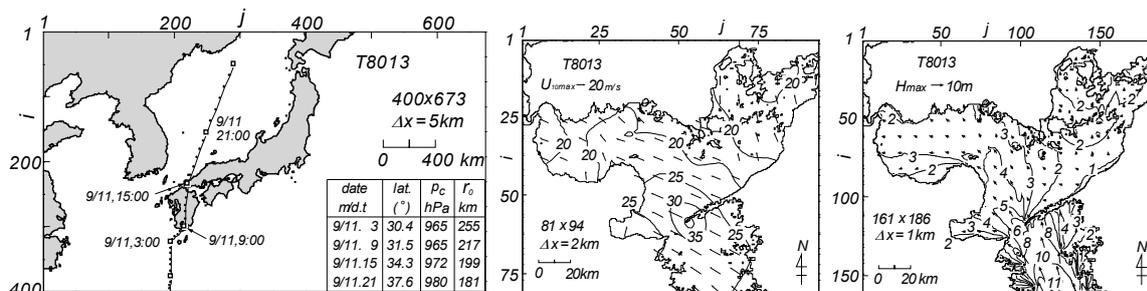


Fig. 15 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in western area of the Seto Inland Sea generated by T8013.

変化する。伊予灘東部から安芸灘・広島湾ではS方向である。風速は佐田岬先端の30 m/s域を中心に25 m/s域が伊予灘西部と豊後水道に拡がり、他の海域では20 m/sをとる。豊予海峡における風速が相対的に大きい。

### 3) 最大波高・波向の空間分布（西部海域）

波高は境界付近で11 mとかなり大きく、豊予海峡付近でも8 m波高域が延びている。波向はSEである。しかし内海では、4m波高域が国東半島の北側に伸びるだけで山口県沿岸に達せず、3 m波高域が周防灘西部奥まで広範に拡がる。伊予灘東部や安芸灘・広島湾では波高はせいぜい2 mである。要するに、豊後水道の高波高に比べて、内海では波高はあまり大きくない。

## (3) T9918号 (Fig. 16)

### 1) 台風特性と被災状況

1999年（平成11年）9月19日9時に沖縄の南方海上で低気圧より台風が発達後、NW方向に進行して20～21日に進路をNNE方向に変え、22日9時に沖縄本島の南西海上（中心気圧935hPa）から23日9時に北方海上（中心気圧930hPa）で非常に強い勢力になった。その後もNNE方向への進行を続けて24日6時頃熊本県北部に上陸（中心気圧950 hPa）、9時頃山口県宇部付近に再上陸して日本海に抜けた。瀬戸内海周辺の最低観測気圧は大分で974.7 hPa、日田で958.6 hPa、下関で962.6 hPa、山口で967.3 hPa、広島で979.1 hPaとかなり低い。台風時の大雨に伴う洪水・崖崩れによる被害が中部地方以西で続出するとともに、九州北部や山口県沿岸で顕著な高潮により熊本県不知火町の12名の死者を含む大きな被害が生じた。死者は31名、家屋被害4,000棟、浸水被害14,700棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布（西部海域）

風向は豊後水道境界から豊予海峡でSからSSE、伊予灘西部から周防灘東部と西部にかけてSEに変化するが、周防灘西部の北側ではWNWからENEとほぼ180°異なる。伊予灘東部から安芸灘・広島湾でSを示す。風速は佐田岬先端から別府湾にかけての35 m/s域を中心に豊後水道の境界で20 m/sに減じ、内海では伊予灘中部から周防灘、および伊予灘東部から安芸灘・広島湾で25～30 m/sをとる。伊予灘中部や斎灘は20～25 m/s域に入る。

### 3) 最大波高・波向の空間分布（西部海域）

波高7 mの海域が豊後水道境界から豊予海峡を経て国東半島東側の海域にまで延び、豊後水道中部から豊予海峡にかけて8 mを越える。6 m波高域は山口県下松付近に近づくが到達せず、そこは5 m波高域にとどまる。周防灘では西部奥で3 mに、伊予灘で東部に向けて2 mに、別府湾で沿岸に向けて1 mに減じる。波向はSEを中心に扇形に変わり、周防灘西部奥でE、伊予灘東部でSW、斎灘で波向SW（波高2 m）を与える。T9918号時の最大波高・波向の空間分布は後述するT9119号時のものと類似するが、波高の値は全体として1 m程度小さい。

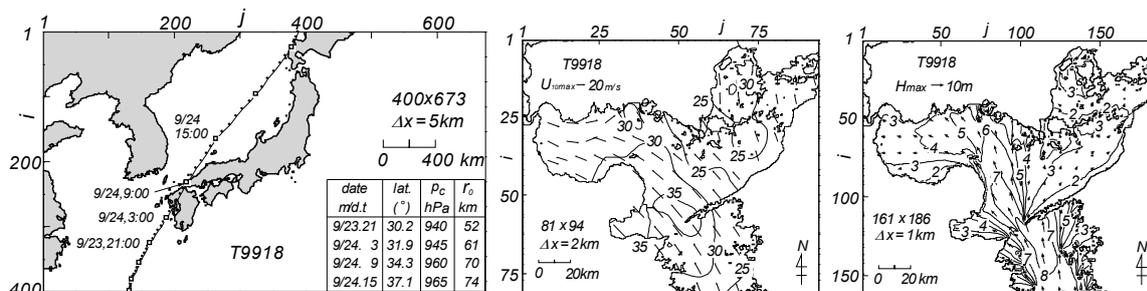


Fig. 16 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in western area of the Seto Inland Sea generated by T9918.

(4) T7416号 (Fig. 17)

1) 台風特性と被災状況

1974年(昭和49年)8月26日21時サイパン島付近で発生, NW~NNW方向に進んで30日9時に父島北西海域に到達(中心気圧955 hPa), NW~NNW方向に転じても中心気圧を維持しながら10月1日9時足摺岬に至った。その後, 向きをNNWからN方向に変え, 1日18時過ぎ高知県須崎付近に中心気圧960 hPaで上陸し, 今治から福山など四国・中国地方をNNW~N方向に縦断した。最低観測気圧は足摺岬で966.5 hPa, 松山で976.1 hPa, 福山で979.2 hPaとかなり低い。台風時の豪雨に伴う被害は台風経路にあたる高知, 愛媛, 広島各県のほか関東地方でも生じ, とくに東京で多摩川が決壊し, 19棟が流出した(多摩川水害)。死者・行方不明者は9名, 家屋被害190棟, 浸水被害10,400棟である。

2) 最大風速・風向の空間分布(中部海域)

対象海域が狭いことから, 全域で風向はENEをとり, あまり変化しない。風速は25~30 m/sを与えるが, 東部では20~25 m/sとやや小さい。

3) 最大波高・波向の空間分布(中部海域)

最大波高は台風接近前のNE方向の強風により生起している。波高は水島灘あるいは燧灘東岸の1mから燧灘南西部の3.5mに向けてSW方向に増大し, 3.5m波高域が広い範囲を覆う。波向はおおむねNEである。

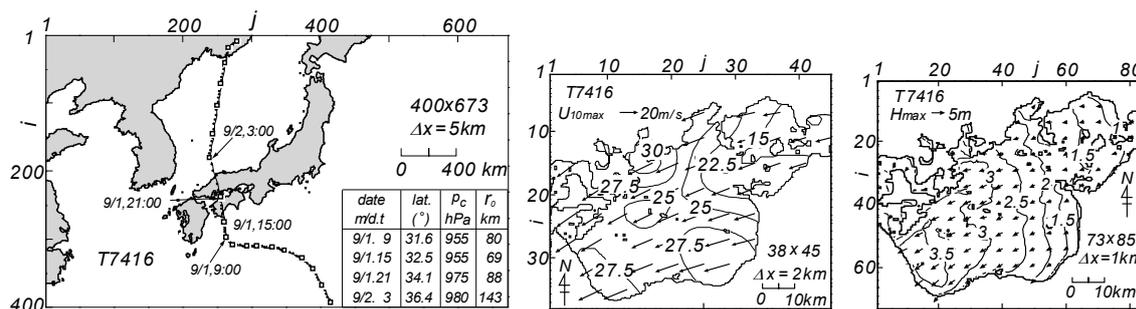


Fig. 17 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in middle area of the Seto Inland Sea generated by T7416.

(5) T8219号 (Fig. 18)

1) 台風特性と被災状況

1982年(昭和57年)9月16日21時フィリピン東方海上で台風に発達, 進路をNW方向にとって,

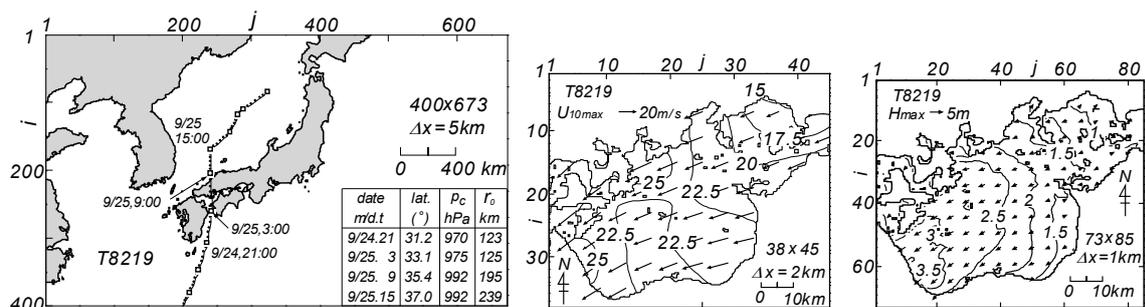


Fig. 18 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in middle area of the Seto Inland Sea generated by T8219.

20日9時にほぼ北緯21°線に到達し北上、22日9時頃(中心気圧965 hPa)からNE方向に進行して、沖縄本島の南岸を通過した。24日3時頃から進行方向をNNEに変え、25日2時30分宇和島付近に上陸した(中心気圧978 hPa)。その後、台風は衰えながら北上を続け広島を経て日本海に抜けた。最低観測気圧は宇和島で977.1 hPa、松山で981.6 hPa、広島で985.6 hPaであるから、それほど低くない。台風に伴い九州東部から四国・紀伊半島東部で大雨が降り、死者4名など22都県に及ぶ被害が出た。

## 2) 最大風速・風向の空間分布(中部海域)

風向は全体でENE、風速は20~25 m/sをとるが、西側では25 m/sを越える。

## 3) 最大波高・波向の空間分布(中部海域)

波高は水島灘の1 mから燧灘南西部の3 mに増大し、ごく局所的に3.5 mに達する。3 m波高域は南西部でかなり広い海域を占める。波向はNEである。T8219号は前述のT7416号より西側の豊後水道から伊予灘中部をNNW~N方向に進行した。その結果、T7416号時に比べて風速が小さいにもかかわらず一層NE寄りの強風が吹送したことから、T7416号時と同程度の値をもつ波高の空間分布が得られている。

## (6) T9810号 (Fig. 19)

### 1) 台風特性と被災状況

1998年(平成10年)10月11日3時マリアナ諸島西方海域で台風が発達、WNW方向、ついでNW方向に進路をとって14日にルソン島に上陸(中心気圧900 hPa)、その後、向きをN方向、NNE方向に変えて16~17日に沖縄本島の北方海上を進行し、17日16時30分頃鹿児島県枕崎付近に上陸した。直前での中心気圧は975 hPaである。その後21時頃高知県宿毛付近に再上陸、向きをNNE方向に変えて18日0時頃岡山県玉野付近に再再上陸し、日本海に抜けた。最低観測気圧は台風経路に沿って宿毛で979.1 hPa、多度津で979.7 hPa、高松で978.7 hPa、岡山で979.2 hPa、鳥取で978.0 hPaと上陸後も980 hPa以下を維持しており、陸上部の気圧としてはかなり低い。本台風の通過に伴う強風と大雨のため、被害は中部地方以西の各県に及んだ。兵庫県と香川県で高潮による浸水被害も生じた。最大高潮偏差は高松で87 cm、神戸で128 cm(1942年以降の観測史上第7位)、大阪で138 cm(1902年以降の観測史上第8位)を記録した。死者・行方不明者は15名、家屋被害1,400棟、浸水被害14,700棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布(東部海域)

風速は大阪湾MT局付近の35 m/sを中心に大阪湾内と紀伊水道の北部で30 m/s以上を示す。風向はS方向である。大阪湾湾奥や紀伊水道南部で25~30 m/sを与える。風向はS寄りをとる。播磨灘では風速は北東部の30 m/sから西部の15 m/sに急減する。風向は東部でSE~S、西部でSWからSを与え

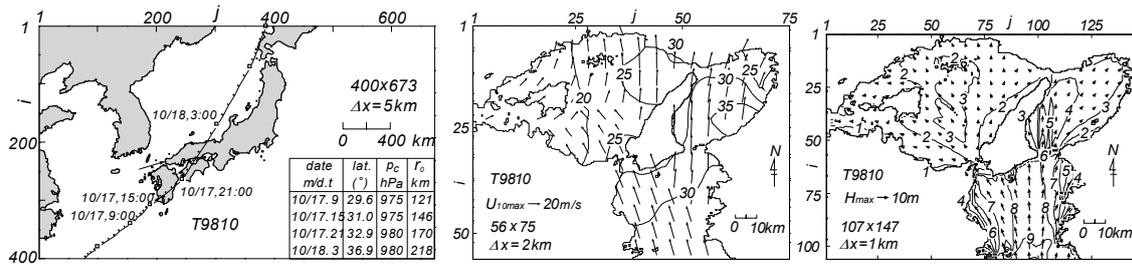


Fig. 19 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in eastern area of the Seto Inland Sea generated by T9810.

る。紀伊水道から大阪湾でS方向の強風が吹送した。

### 3) 最大波高・波向の空間分布（東部海域）

紀伊水道では波高9 mの波高が入射し、紀伊水道の奥まで8 mの波高域が延びている。波向はSを中心として東岸でSW、西岸でSEに傾く。大阪湾では湾口の友ヶ島水道から波高6 mの波浪がS方向に伝播し、淡路島北部の東側で5 mに、須磨の沖合で4 mに小さくなる。大阪湾の湾奥に3 m波高域が広がる。波向は湾口部のSから湾奥に向かうほどSW方向に次第に変化する。播磨灘では鳴門海峡付近から2 mの波高域が扇状に広がり、中央部の広い範囲で3 m波高域が形成されている。波向はSEを主として東側でS方向に、西側でE方向に傾く。本台風時には最大級の波高は出現していないが、台風が東部海域の西側をNE方向に進行した場合に形成される波高の空間分布の典型的なパターンを示す。

## (7) T0310号 (Fig. 20)

### 1) 台風特性と被災状況

本台風は2003年（平成15年）8月3日フィリピンの東方海上で発生、NW方向に進路をとって、6日9時に北緯21.5°線に到達し、さらにその後NNW方向に向きを変えて7日9時に沖縄本島に到達、この時点の中心気圧は950 hPaである。台風はこの時点以降NE方向に進行方向を変え8日21時30分室戸岬付近に上陸（中心気圧950 hPa）、NE方向の進行を続けて兵庫県西宮付近に再上陸し、東日本へ進行した。最低観測気圧は室戸岬で950.5 hPa、徳島で963.4 hPa、洲本で957.0 hPa、神戸で972.6 hPa、大阪で973.5 hPaであるから、上陸後も非常に低い。九州・四国・近畿地方などで豪雨に伴う洪水・土砂災害や強風災害が生じた。台風に伴い九州・四国・近畿地方の太平洋側で高潮偏差は100～122 cmに達した。瀬戸内海でも高潮偏差は宇野で88 cm、高松で91 cm、神戸で87 cm、大阪で99 cm

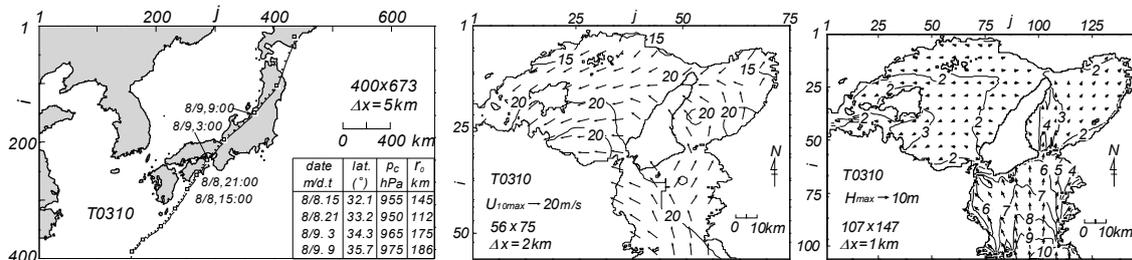


Fig. 20 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in eastern area of the Seto Inland Sea generated by T0310.

と 100 cm 近くはかなり大きい値を記録したが、大規模な高潮災害は報告されていない。死者・行方不明者は 20 名、家屋被害 690 棟、浸水被害は 2,400 棟である。

#### 2) 最大風速・風向の空間分布（東部海域）

台風が室戸岬から淡路島の洲本、兵庫県の西宮へと NE 方向に進行したことから、風向は播磨灘で NNE～ESE、紀伊水道では SE～SSW、大阪湾で S～SE～E～NE 方向と著しい空間変化を示す。風速は紀伊水道西側と播磨灘南部で 20 m/s 以上、大阪湾と播磨灘中部と北部で 15～20 m/s を与え、必ずしも強いとは言えない。

#### 3) 最大波高・波向の空間分布（東部海域）

紀伊水道境界では、わずかに 10 m 波高域がみられる。そして境界から水道内の奥へ 8 m 等波高線、6 m 等波高線が延びる。波向は S をとり、水道奥の鳴門海峡側では SSE～SE に、友ヶ島水道の東側では SSW に傾く。大阪湾では湾口（友ヶ島水道）から北側に向けて 4 m 波高域がわずかに延び、3 m 波高域が淡路島北端に達する。湾内では全域で波高 2 m 以上をとる。波向は S から SW に変化する。2～3 m 波高域が非常に広い珍しいケースである。播磨灘で鳴門海峡付近から 2 m 等波高線が放射状に拡がり、波向も SE をとるが、灘内では台風の左側半円における NE 方向の内海発生波浪の影響を受けて波向が NE 方向に傾くとともに、等波高線も左側に傾いて 3 m 等波高線が小豆島の南東側と南側に現われる。

### 4.3 瀬戸内海の台風時最大風速と最大波高の空間分布

#### (1) T7119 号 (Fig. 21)

##### 1) 台風特性と被災状況<sup>[12], [13]</sup>

本台風は 1971 年（昭和 46 年）7 月 30 日 21 時硫黄島の南西海上で熱帯低気圧から台風に発達、W 方向ついで NW 方向に進行して、8 月 4 日 9 時奄美大島の北東、屋久島のすぐ南の海上に到達した。中心気圧は 935 hPa と非常に強い勢力をもった。ついで、屋久島付近で反時計まわりのループ（経路図では表現されていない）を描いたのち N 方向に進行し、5 日 9 時 50 分頃島原半島の西有家付近に上陸（中心気圧 950 hPa）、福岡を通過して日本海に抜けた。瀬戸内海西部海域周辺の最低観測気圧は延岡で 979.2 hPa、大分で 976.7 hPa、松山で 986.5 hPa、下関で 972.7 hPa、広島で 985.9 hPa であり、別府湾から周防灘でかなり低い。台風に伴う大雨により、九州を中心に近畿以西で大規模な洪水・浸水被害や土砂災害が生じた。死者・行方不明者は 69 名、家屋被害 1,700 棟、浸水被害 18,100 棟である。

##### 2) 最大風速・風向の空間分布

台風が九州を北上し、日本海に抜けたことから、西部海域では SE 寄りの強風が卓越した。風速に関して、佐田岬周辺海域から山口県下松方面で 30 m/s が拡がり、佐田岬周辺や周防灘中部に局所的に 35 m/s 域もみられる。その他の海域でも風速は 25 m/s を上まわるが、安芸灘・広島湾で 20～25 m/s、斎灘で 20 m/s 以下をとる。中部海域でも風向は SE をとり、風速はおおむね 15～20 m/s の範囲にある。東部海域では風向は反時計まわりに変化して SSE 方向を示す。風速は播磨灘で 20～25 m/s、大阪湾で 15～20 m/s、紀伊水道を 15～25 m/s を与える。このうち紀伊水道の西半分で 20 m/s 以上をとり、北西部では局所的に 25～30 m/s の海域もみられる。

##### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域のうち、豊後水道では 8 m 波高域が広い範囲を占め、豊予海峡でも 7 m をとる。波向は SE である。内海では、佐田岬周辺の海域から伊予灘西部を経て周防灘西部にまで 5 m 波高域が延び、山口県防府沖合で 6 m 波高域もある程度広い範囲を占める。周防灘西部奥では沿岸部に 4 m 波高域が拡がる。波向は SE から SSE～E に変化する。伊予灘では波高は東部の 1～2 m に、別府湾でも沿岸部の 2～3 m に減少する。波向はいずれも SSE から SE をとる。安芸灘では北西部で波高は 3 m、波向は SSE、斎灘では 2 m 以下、S 寄りを示す。

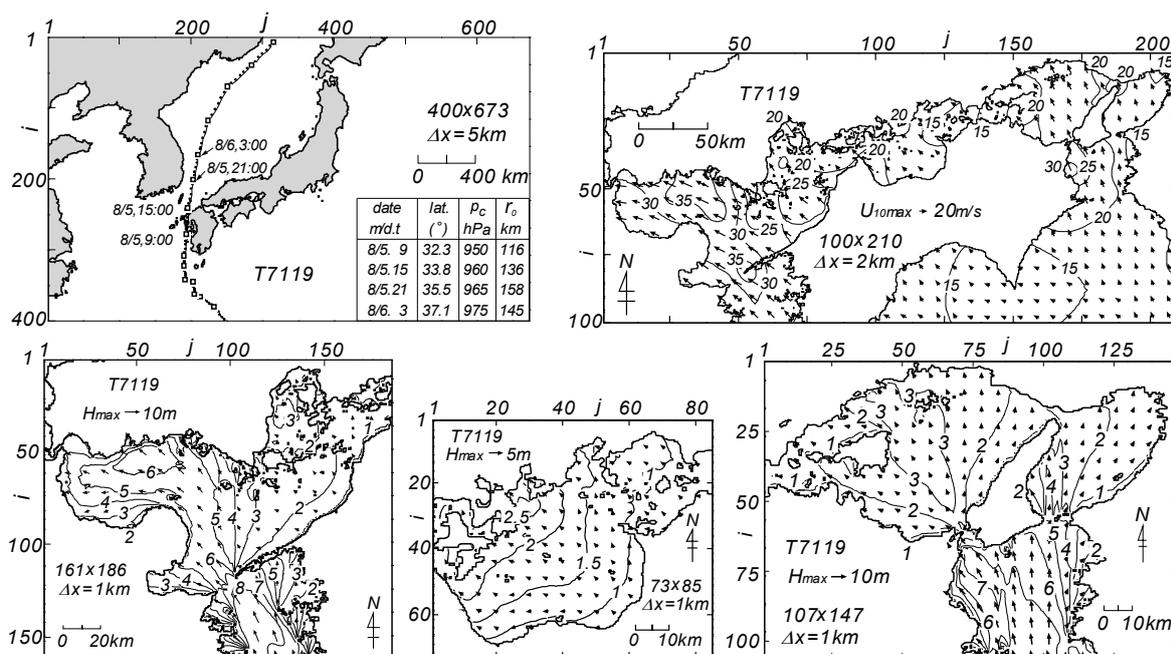


Fig. 21 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T7119.

中部海域では波高は隠灘南東部の1 mから備後灘北西部(尾道方面)の2.5 mに向けて大きくなる。波向はSEを中心に北側でS方向、南西側でE方向に傾く。

東部海域では紀伊水道で7 m波高域が境界から北西部に延びる。波向はSSEからSEをとる。大阪湾では湾口(友ヶ島水道)からN方向に4 m波高域が淡路島中部の沖合に延びるが、2 m波高域が神戸方面に達するのみで、湾の東半分では波高は2 m以下である。波向はSからSWに変化する。播磨灘では2 m波高域が鳴門海峡付近から放射状に延び、3 m波高域がNW方向に家島方面を越えて広がる。波向はSEを中心とする。要するに、T7119号時にもS寄りの風が卓越する場合の典型的な波高の空間分布パターンをとる。

## (2) T7009号 (Fig. 22)

### 1) 台風特性と被災状況<sup>[11], [12]</sup>

本台風は1970年(昭和45年)8月9日15時フィリピン北東海域の北緯23°付近で発生、10日からN方向に進行して、13日9時沖縄本島北部のすぐ東側を通過(中心気圧945 hPa)、14日9時北緯30°付近の九州南端の西方海域から向きをNNEに転じて14日21時頃長崎付近に上陸し、福岡、下関付近を通過して日本海に抜けた。西部海域周辺の最低観測気圧は大分で986.1 hPa、松山で992.5 hPa、下関で971.7 hPa、山口で980.9 hPa、広島で986.0 hPaであり、台風経路に近い下関を除いてあまり低くない。九州・中国地方を中心に台風時の大雨に伴う洪水・土砂災害が生じ、また強風災害も顕著であった。死者・行方不明者は12名、家屋被害2,800棟、浸水被害11,900棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布

西部海域では東側を除いてSSEからSEの風向場となった。風速は豊予海峡南側の20 m/sから佐田岬付近の25 m/sを経て周防灘で30 m/sを越え、北西端の下関近傍で35 m/sに達した。伊予灘中部で20 m/s以下である。伊予灘東部から斎灘で20~25 m/sのS寄りの風、安芸灘・広島湾でS寄りの25~30 m/sの風の場となっている。

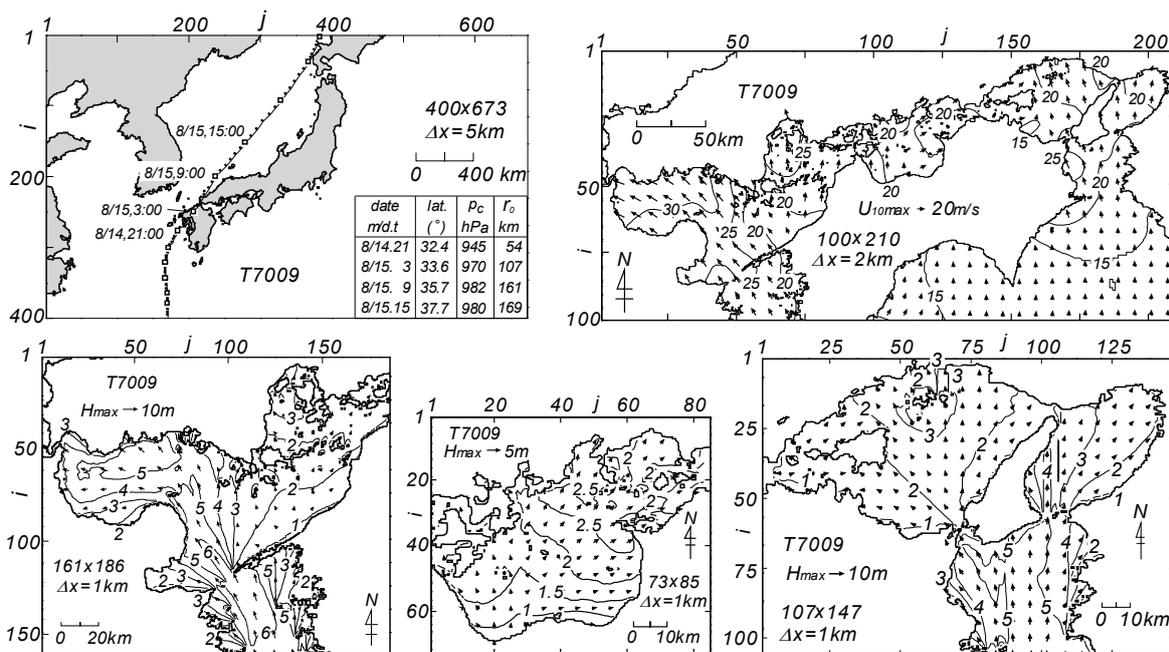


Fig. 22 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T7009.

中部海域では西側でS寄りの20 m/s強の風の場合であるが、中央から東側では15~20 m/sあるいは20 m/s以上（東部）で風向はSSWの風の場合を示す、東部海域では播磨灘の西側で風速は15~20 m/s、風向SSWの場合、紀伊水道から大阪湾、播磨灘北東部で風速20~25 m/s、風向S~SSEの場合、大阪湾北部や紀伊水道東部から南部で風速15~20 m/s、風向はS寄りの場となっている。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では6 m波高域が豊後水道から豊予海峡を経て伊予灘の西部に延びる。波向はSSEからSEである。5 m波高域は豊予海峡から国東半島北東の海域と周防灘中部から西部の山口県沿岸沖合にみられる。波向はSEからESEに傾く。周防灘西部奥には4 m波高域（波向E寄り）が広がる。伊予灘では東側に向けて波高1~2 mに小さくなり、別府湾でも沿岸部で2 mをとる。安芸灘北部では3 m波高域（波向SSE）が出現するが、斎灘では2 mを越える程度で3 mに達しない（波向SSW）。

中部海域では波高は隠灘南部の1 mから備後灘南部の2.5 mへNE方向に増加し、備後灘の広い範囲を覆う。波向はSWである。備後灘の中国地方沿岸部や水島灘では複雑な地形のために波高は1.5 m程度に減じる。波向はSWを中心とする。

東部海域では台風が海域の西側をN~NE方向に進行する場合に形成される典型的な波高の空間分布のパターンを表す。紀伊水道で5 mの等波高線が沖合から水道の奥にまで広がる。波向はSを中心とする。大阪湾で4 mの等波高線が淡路島の北東岸に達するが、湾内の東側で波高は2 mに減じ、波向もSW方向に傾く。播磨灘で鳴門海峡付近から2 mの等波高線が放射状に延び、家島付近に3 m波高域が出現する。波向はSEを中心とする。

### (3) T9119号 (Fig. 23)

#### 1) 台風特性と被災状況<sup>[13]</sup>

本台風は1991年（平成3年）9月16日9時マーシャル諸島西方海域で台風に発達、WSW~W方向に進行したのち、22日にフィリピン東方海上で進路をNE方向に変え、26日9時に台湾東方海域に

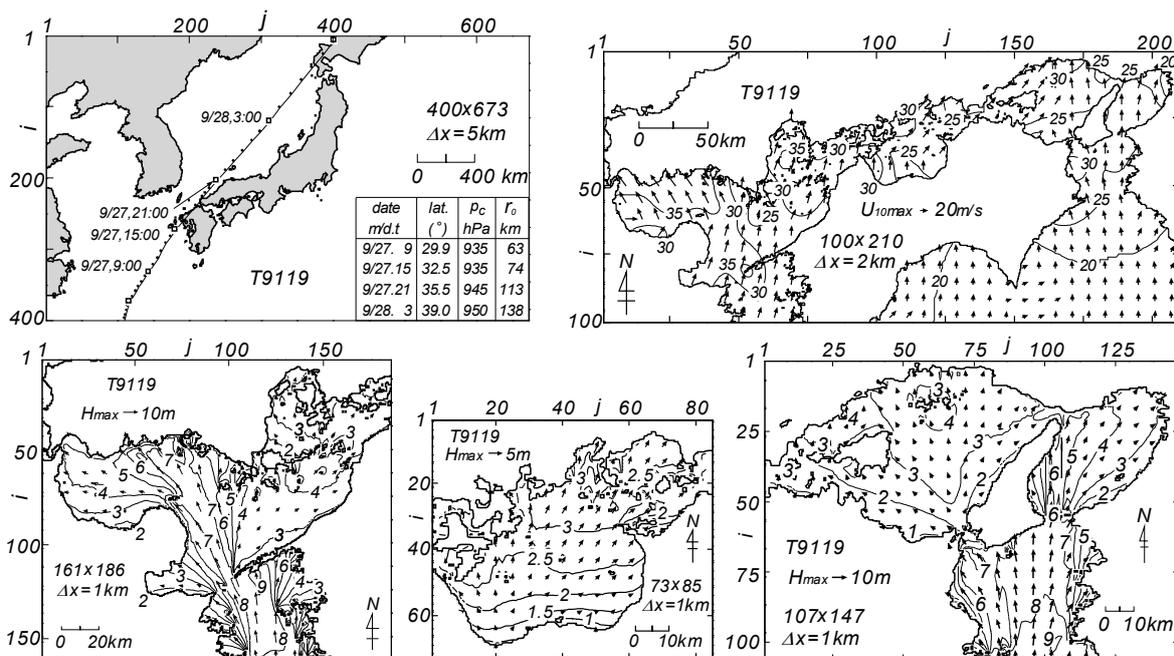


Fig. 23 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T9119.

達した。その後、向きをNNEからNEに変えて沖縄本島北方海域を27日9時に中心気圧935 hPaで通過し、27日16時過ぎに佐世保付近に上陸（中心気圧940hPa）、福岡、下関付近を経て日本海をNE方向に進行した。瀬戸内海西部海域周辺の最低観測気圧は延岡で983.9 hPa、大分で973.0 hPa、松山で979.8 hPa、下関で947.3 hPa、山口で957.3 hPa、広島で970.2 hPaであるから、台風経路に近い下関、山口における値が非常に低い。

本台風は上陸後も勢力を保っていたうえに、日本海を速い速度で移動したので、九州から瀬戸内海を始め日本全国で強風が吹き荒れ、重大で多様な強風被害（家屋の損傷と倒壊、九州をはじめ全国規模における山林や庭木などの倒木、厳島神社の損壊、送電鉄塔や電柱の倒壊、九州～中国地方の大規模停電、瀬戸内島嶼部のみかんなど農作物への塩害、富山県における強風による火災と延焼、青森県における大規模なリンゴの倒木と落下など）や瀬戸内海沿岸で高潮災害が生じた。この結果、保険支払額は史上最高の5,679億円にのぼった。しかし、降水をあまり伴わなかったため、洪水被害は少ない。本台風は青森県においてリンゴの大量落下という大被害を引き起こしたことから、気象庁による正式名称でないが、別名リンゴ台風とも言われる。死者・行方不明者は62名、家屋の被害170,000棟、浸水被害23,000棟のほか、船舶被害930隻となっている。

## 2) 最大風速・風向の空間分布

西部海域では風速30 m/sを越える強風域が豊予海峡から伊予灘西部と周防灘の全域および伊予灘東部、斎灘、安芸灘・広島湾を覆い、豊予海峡周辺、周防灘中部と西部、安芸灘北部に35 m/sを越える海域もみられる。とくに周防灘中部と西部でかなり広い範囲を占める。また、豊後水道で南部から北部に向けて風速は20 m/sから30 m/sへと増加し、伊予灘中部で25～30 m/sになっている。風向は周防灘中部と西部でSSE方向、それ以外の広い海域でSSWをとる。いずれにしても、西部海域全体にS寄りのかんりの強風が吹送している。

中部海域では風速は25～30 m/sの範囲にあり、風向は南西部でS、それ以外でSWを与える。東部海域では風速は播磨灘で25～30 m/s、大阪湾から紀伊水道にかけて25～30 m/s、大阪湾の北部と紀伊

水道の南部で 20~25 m/s を与える。風向は S 寄りであり、播磨灘西部と大阪湾北部で SSW、紀伊水道西部で SSE、それ以外の紀伊水道南部、大阪湾、播磨灘東部で S を示す。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では豊後水道で 8 m 波高域が境界から豊予海峡に向けて延び、佐田岬の南側に 9 m 波高域も出現する。波向は SSE から SE をとる。内海では 7 m 波高域が豊予海峡から対岸の山口県沿岸沖合の広い範囲に達しており、波高は非常に大きい。4 m 波高域は豊予海峡から周防灘の南部を除く非常に広い範囲を覆う。波向は豊予海峡の SE から周防灘西部奥の E に向けて反時計方向に変化する。伊予灘の中部から東部にかけて波高は 3 m から 4 m 以上に増加する。波向は SW をとる。斎灘や安芸灘でも波高は 3 m に達するが、複雑な地形の影響を受けて北部沿岸では 2 m 程度に減少する。波向は斎灘で SW、安芸灘北西部で S~SSE である。別府湾では豊予海峡における波高 7 m が沿岸部で 2 m に小さくなる。波向は E 方向に傾く。

中部海域では波高は隠岐南部沿岸の 1 m から NE 方向に増大し、備後灘南部から北部にかけて 3 m の等波高線が広い範囲を占める。波向は SW である。水島灘では周辺地形の影響を受けて波高は 2.5 m に減じる。波向は SW 方向をとる。本台風時には周辺地形が入り組んだ備後灘北部や水島灘においても波高はそれぞれ 3 m および 2.5 m を上まわり、かなり大きい。

東部海域では紀伊水道で 8 m 域が境界付近から中部にとどまり、7 m 波高域が紀伊水道の奥に達する。波向は S である。大阪湾では 6 m 波高域が湾口から淡路島北部の沖合にまで延び、5 m 波高域が須磨付近、4 m 波高域が神戸付近に達する。3 m 波高域は湾奥に達し、2 m 波高域がほぼ全域を覆う。波向は湾口の S から湾奥の SW に向けて変化する。播磨灘では鳴門海峡の沖合から 2 m 等波高線が放射状に拡がり、海峡の沖合から 3 m 等波高線が同様の分布状況を示し、4 m 波高域が家島周辺に現われる。波向は海峡付近の SE から家島方面の S 方向に傾く。

## (4) T0418 号 (Fig. 24)

### 1) 台風特性と被災状況

2004 年 (平成 16 年) 8 月 28 日マーシャル諸島付近で発生、W 方向ついで WNW 方向に進行し、9 月 4 日 9 時北緯 23.3° に到達した (中心気圧 935 hPa)。台風はこのあたりから向きを NW 方向に変え、5 日 9 時沖繩本島のすぐ南西側に位置し、6 日 21 時頃から NE 方向に進行して 7 日 9 時 30 分頃長崎付近に上陸した。中心気圧は 945 hPa である。その後、福岡、下関付近を通過して日本海に抜けた。日本近海における台風経路は向きを NE 方向に保った T9119 号のそれとよく似ている。瀬戸内海周辺の最低観測気圧は延岡で 981.5 hPa、宇和島で 986.9 hPa、大分で 971.9 hPa、松山で 980.6 hPa、下関で 951.8 hPa、山口で 962.9 hPa、広島で 972.6 hPa、岡山で 983.6 hPa、姫路で 988.0 hPa、大阪で 992.8 hPa であるから、台風経路に近い下関と山口で低い。本台風時には T9119 号時と同様に、九州・中国地方を始め全国規模で強風による被害 (建物の損壊、倒木、農作物の倒伏、塩害、長期の停電、厳島神社建物の再度の損壊、果物の落下など) が顕著であり、瀬戸内海沿岸や日本海沿岸で高潮被害が相次いだ。最大高潮偏差は下関で 117 cm、松山で 143 cm、宇野・高松・大阪でそれぞれ 103 cm、神戸で 101 cm と 1 m を上まわった。とくに松山での観測値は 1950 年以降の観測史上第 2 位 (第 1 位は T9119 号時の 145 cm) にあたる。総降水量も九州や四国地方において台風期間の 5 日間で 500 mm を越えたが、洪水被害は記載されていない。保険金の支払総額は 2,700 億円にのぼる。死者・行方不明者は 45 名、家屋被害 15,400 棟、浸水被害 7,100 棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布

西部海域においては豊後水道北部から周防灘東部・中部と西部奥にかけて 30 m/s 風速域が拡がり、豊予海峡周辺と国東半島北東側から山口県防府にかけて 35 m/s 域もみられることから、これらの海域でかなりの強風が吹送したことがわかる。風向は SSE から SE および周防灘西部沖で SSW をとる。同

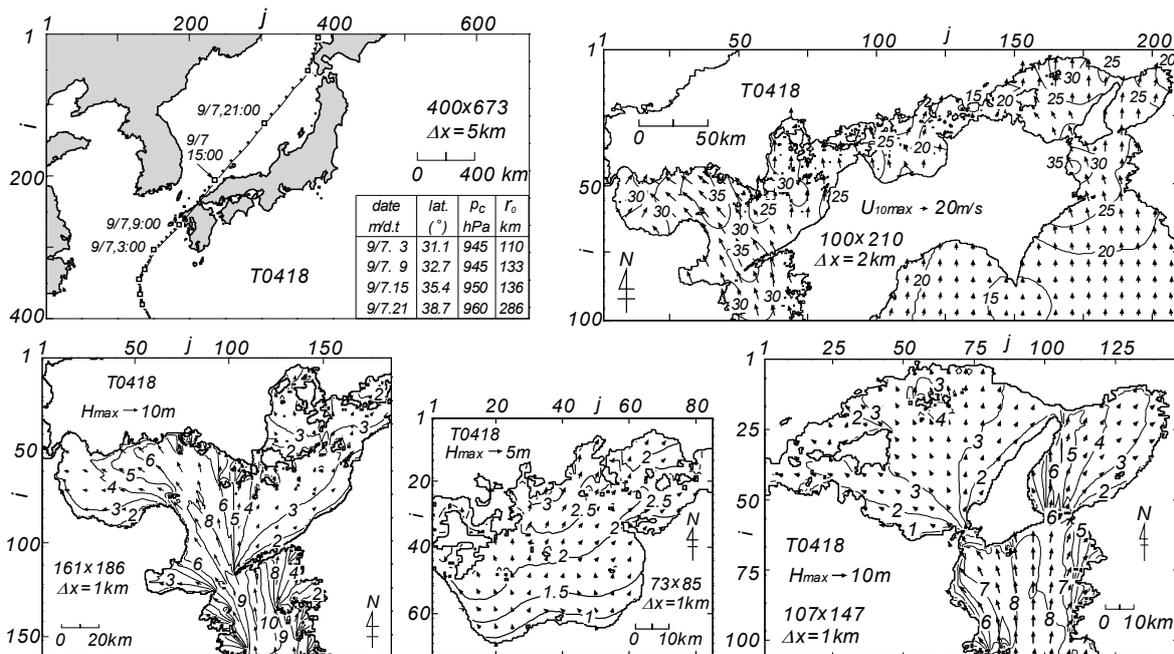


Fig. 24 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T0418.

様に、安芸灘西部にも 30 m/s 域 (波向 S) がみられる。このほかの豊後水道南部、伊予灘中部と東部、斎灘・安芸灘東部、周防灘中部と西部の間の海域は 25~30 m/s 域となっており、風向は S 寄り (SSW~SSE) を示す。

中部海域では海域の中部と西部が 20~25 m/s 風速域、東部が 15~20 m/s 域に入り、風向は S 寄りを与える。東部海域では播磨灘で風速は南西側の 20 m/s から北側の 30 m/s あるいは東側の 25 m/s に大きくなり、風向は南側で SSE~SE、北側で S を示す、紀伊水道から大阪湾は風速 25~30 m/s 域に入り、紀伊水道の北西側で 30 m/s を越える、風向は大阪湾で S、紀伊水道で SSE をとる。紀伊水道南部や大阪湾湾奥は 20~25 m/s 域に入り、風向は前者で S~SSE、後者で SSW を与える。本台風時の最大風速・風向の空間分布は絶対値を含めて T9119 号時のそれとかなりの程度類似する。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域においては 9 m 波高域が豊後水道境界から豊予海峡に延び、10 m 波高域が豊後水道中部から佐田岬半島近くに達する。波向は S から SSE である。内海では 8 m 波高域が豊予海峡から国東半島東側海域に延び、7 m 波高域が対岸の山口県下松付近に近づく。波向は SSE をとる。4 m 波高域は山口県柳井から宇部までの広い海域を覆い、波向も S から SE に変化する。周防灘西部奥は 3~4 m 波高域に入り、波向も E 方向に傾く、伊予灘の中部から東部では 3 m 等波高線が NE 方向に延び、2~4 m の波高場が形成されている。波向は SSW から SW である。斎灘や安芸灘でも 3 m 波高域が現われる。波向はそれぞれ SW および E を与える。別府湾では波高は豊予海峡の 8~9 m から沿岸部で 2 m に急減し、波向も E 方向に変わる。

中部海域では波高は隠灘南部の 1 m から備後灘北部 (福山方面) の 2.5~3 m に増大するが、水島灘では 2 m にとどまる。波向は S から SW を示す。

東部海域では 8 m 等波高線が紀伊水道境界から淡路島南部沖合に達する。波向は S 寄りをとる。大阪湾では湾口 (友ヶ島水道) から 6 m 等波高線が延び、5 m 等波高線は須磨沖に、4 m 等波高線は神戸沖に達する。3 m 波高線は大阪湾の湾奥にまで延び、2 m 波高域が大阪湾のほぼ全域を含む。波向

は湾口部の S から SW に変わる。播磨灘では鳴門海峡付近から 2 m と 3 m の等波高線がラップ状に拡がり、家島付近に 4 m 域がみられる。波向は SE を中心とし、北東側で S 方向に、南西側で E 方向に変化する。

以上に示したように、T0418 号時の各海域における波高の空間分布は絶対値を含めてそれぞれ T9119 号時のものとかかなり似ているが、西部海域の豊後水道から豊予海峡、国東半島沖合を経て山口県下松付近に至る海域では T0418 号時の波高がより大きく、そこ以外の海域では T9119 号時の波高が T0418 号時の波高を上まわる。

## (5) T0514 号 (Fig. 25)

### 1) 台風特性と被災状況

本台風は 2005 年 (平成 17 年) 8 月 29 日 21 時マリアナ諸島近海で発生、向きを W 方向から次第に WNW 方向、NW 方向さらに NNW 方向に変え、9 月 3 日 9 時に北緯  $21^{\circ} 40'$ 、9 月 5 日 9 時に北緯  $27.9^{\circ}$  (奄美大島南東海域) に到達した。中心気圧は 935 hPa である。ついで、九州西岸に沿って N 方向に進行を続け、9 月 6 日 13 時頃熊本県天草下島を通過し、14 時過ぎに長崎県諫早付近に中心気圧 960 hPa で上陸後、NNE 方向に福岡、下関付近を通過して日本海に抜け、NE 方向に進んだ。瀬戸内海西部海域近くの最低観測気圧は延岡で 979.1 hPa、宇和島で 983.8 hPa、大分で 974.6 hPa、松山で 982.5 hPa、下関で 973.4 hPa、山口で 976.9 hPa、広島で 981.8 hPa となっている。台風時に九州、中国、四国地方を中心とし、関東地方などを含めて大雨による洪水災害、土砂災害や全国規模での強風災害、瀬戸内海沿岸での高潮災害が生じた。最大高潮偏差は宇和島で 84 cm、松山で 91 cm、宇野で 82 cm、高松で 79 cm、神戸・大阪で 71 cm を記録した。死者・行方不明者は 29 名、家屋被害 7,500 棟、浸水被害 21,700 棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布

西部海域では 25 m/s 風速域が豊後水道から豊予海峡を経て周防灘中部まで延びる。風向は SSE~SE をとる。20 m/s 域は周防灘西部、伊予灘中部から周防灘東部および伊予灘東部から斎灘であり、安芸灘・広島湾は 15~20 m/s 域に入る、風向は周防灘西部で E 方向、他の海域で SE~ESE をとる。

中部海域は 15~20 m/s 域に入り、北西部で 20 m/s を越える。風向は E~ESE を与える。東部海域は紀伊水道から大阪湾南部や播磨灘に風速 20 m/s 域が拡がり、紀伊水道北西部で 25 m/s を越える、風向は紀伊水道南部の S から播磨灘の SE 方向に傾く。大阪湾中部から播磨灘北西部は 15~20 m/s 域に入り、風向は SSE~SE を与えるが、大阪湾湾奥では 15 m/s 以下となり、風向も E 方向をとる。瀬戸内海全体の風速・風向場は台風が九州を N~NE 方向に進行したときに形成される典型的な空間分布を示す。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では豊後水道境界上の西側で波高は 11 m と大きく、10 m 波高域も佐田岬半島沖合に達する。豊予海峡では波高は 9 m から 8 m をとる。水道内の高波高域は西側に寄っている。波向は SSE である。内海では豊後水道から延びる 6 m 等波高線は国東半島の東側海域に、5 m 波高域も対岸の山口県下松付近の沖合にとどまる。波向は SSE を示す。4 m 波高域も周防灘内でそれほど拡がらず、3 m 波高が周防灘のほぼ全域を占める程度である。波向は周防灘西部奥に向かうほど E 方向に傾く。伊予灘中部と東部では波高は 3 m から 1 m に減ずる。波向は SW から S 方向に傾く。斎灘では波高は 2 m 以下、安芸灘西部で 2 m 程度である。波向は E 寄りをとる。西部海域のうち豊後水道における波高が大きいのに対して、内海部の波高がそれほど大きくないのが本台風時の波高の空間分布の特徴である。

中部海域では波高は隠岐南東部沿岸の 1 m から備後灘北西部あるいは大三島方面の 2.5 m に向けて NW 方向に大きくなる。波向は必ずしも一定しないが、備後灘北西部で S 方向、それ以外の相対的な高波高域で E 方向をとる。

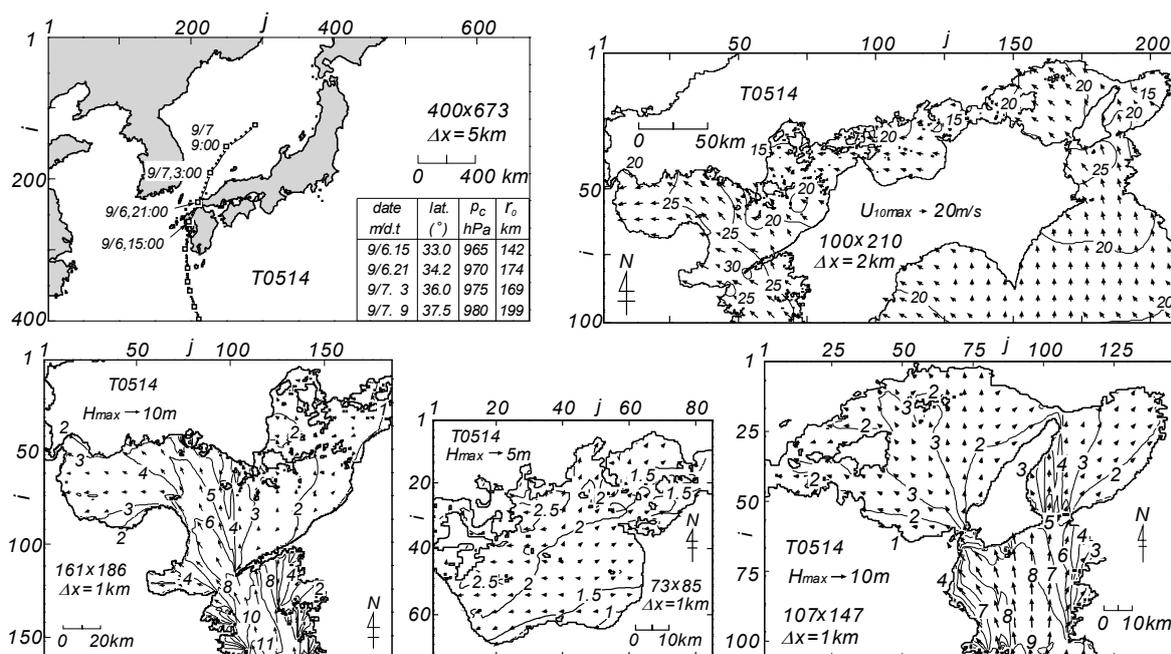


Fig. 25 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T0514.

東部海域では紀伊水道の境界で波高は9 mと大きく、8 m波高域が淡路島南部沖合に、7 m波高域が鳴門海峡や友ヶ島水道の近くに迫る。紀伊水道が台風経路からかなり離れているにもかかわらず、そこでの波高は大きい。波向はSからSSEを示す。大阪湾では湾口から淡路島北端に向けて4 m等波高線が延び、3 m等波高線が須磨と神戸の間に達するし、2 m波高域が大阪湾の広い範囲を占める。波向はSからSWに変化する。播磨灘では鳴門海峡付近から2 mの等波高線がラップ状に、3 m等波高線がやや広がりをもつビーム状に分布する。波向はSEを中心に、北東側でS方向に、南西側でE方向に傾く。4 m波高域はみられない。大阪湾、播磨灘のいずれにおいても紀伊水道内の波高に比べてそれほど高波高は生じていない。

## (6) T0416号 (Fig. 26)

### 1) 台風特性と被災状況

2004年(平成16年)8月21日マーシャル諸島付近で発生、W方向、ついでWNW~NW方向に進行し、25日9時に北緯20°付近で24日に続いて中心気圧910 hPaを保持した。台風はその後NW方向に進行を続け、WNW方向、NW方向からN方向をとりながら8月30日10時に鹿児島県串木野付近に上陸した。中心気圧は950 hPaである。台風は九州をNNE方向に進行して大分県日田あたりを通過、周防灘に出て山口県防府付近に再上陸し、NE方向に日本海に抜けた。瀬戸内海周辺の最低観測気圧は延岡で969.8 hPa、宇和島で975.4 hPa、大分で965.8 hPa、松山で972.8 hPa、下関で969.5 hPa、山口で969.5 hPa、広島で972.1 hPa、岡山で978.1 hPa、姫路で982.7 hPa、大阪で988.1 hPaであり、台風経路に近い下関、山口、大分、広島のみならず松山でも比較的低い。台風の接近・通過に伴い、大雨とともに暴風が吹き荒れ、各地に洪水・土砂・強風災害をもたらすと同時に、香川県、岡山県、広島県、兵庫県などの瀬戸内海沿岸で広い範囲にわたり、甚大な高潮災害が生じた。最大高潮偏差は下関で117 cm、松山で140 cm、宇野で137 cm、高松で133 cm、神戸で134 cm、大阪で132 cmとかなり大きい値をとっており、松山、宇野、高松では観測史上の最大値に近い値となっている。本台風

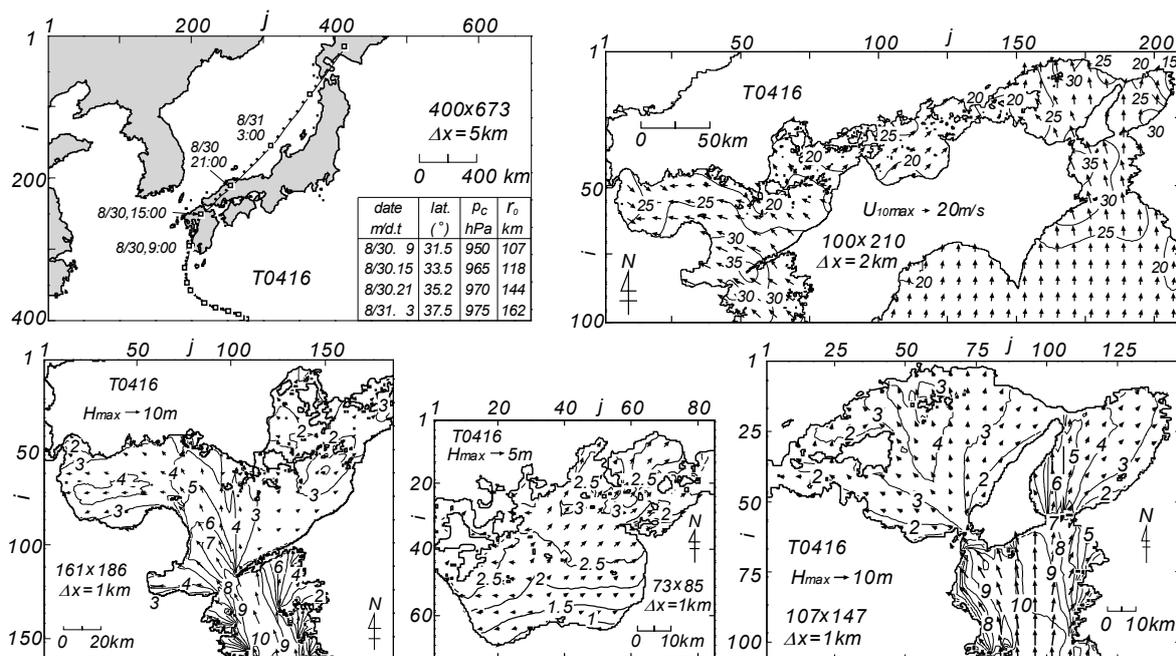


Fig. 26 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T0416.

による災害は激甚災害に指定された。死者・行方不明者は17名、住宅被害120棟、浸水被害は45,000棟である。

### 2) 最大風速・風向の空間分布

西部海域では豊予海峡を中心に豊後水道北西部、別府湾、伊予灘西部で風速は30 m/sを越え、豊予海峡で局所的に35 m/sを上まわる。風向はSEである。そして、30 m/s域を中心にして25 m/s風速域が豊後水道南部、伊予灘中部、周防灘東部と中部の南側、西部奥に、20 m/s域が伊予灘東部から周防灘の全域に広がる。風向はSSE~Eであるが、台風中心の周防灘中部の通過に伴い、周防灘西部奥ではNWをとる。斎灘は20~25 m/s域(風向SW)、安芸灘・広島湾は15~20 m/s域(風向SE)に入る。

中部海域は風速20~30 m/s域に入り、風向はSEをとる。北部で風速が大きい。東部海域では30 m/s風速域が紀伊水道西部に現われ、一部で35 m/sを越える。風向はSSEである。そのほか局所的に大阪湾南部と播磨灘北部に30 m/s域が見出される。より広くみれば、25 m/s域が紀伊水道、播磨灘中部と東部、大阪湾の大部分を覆っており、紀伊水道南部や播磨灘西部、大阪湾北部に20~25 m/s域、さらに大阪湾湾奥に15~20 m/s域がある。風向はおおむねS方向であるが、播磨灘南西部でSE方向を示す。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では豊後水道で境界から豊予海峡近傍まで9 m波高域が広がり、豊予海峡から6 m波高域が内海部の国東半島東側沖合に延びる。4 m波高域は山口県下松付近に達するとともに、周防灘西部にも出現する。波向は豊予海峡のSSEから周防灘西部のE方向に転じる。伊予灘東部では波高が中部の3 m弱から再び3 mに、斎灘でも波高は2 mから3 mに増大する。波向はSWである。安芸灘に波向E寄りをもつ2 m波高域がみられる。別府湾では豊後水道の6~7 mから沿岸部の3~4 mに小さくなる。波向はE寄りに傾く。T0416号時の波高の空間分布のパターンはT9119号時のそれと類似するが、波高は豊後水道で1 m大きく、周防灘で概略1 m小さい。

中部海域では波高は豊後灘南部沿岸の1 mから備後灘中部の3 mに向けて増加し、備後灘の北部沿岸

や水島灘では地形の影響を受けて 2.5 m に減少する。波向は低波高海域では多様に変化するが、中部海域の東西方向中央部にあたる 2.5 m 等波高線の北側の高波高域では SW 方向をとる。3 m 波高域は T0418 号時より東側の海域に移動している。

東部海域では紀伊水道の境界から 10 m 波高域が水道内に奥深く入り、9 m 波高域が淡路島南部沿岸に、8 m 波高域が友ヶ島水道に達する。波向は S 方向である。大阪湾では湾口から 6 m 等波高線が淡路島北部の沖合に、5 m 等波高線が須磨近くに迫り、4 m 等波高線が神戸に至る。湾奥には 3 m 等波高線が延びる。大阪湾では波高 3 m 以上の海域が広い範囲を占める。波向は湾口の S から湾奥の SW に変化する。播磨灘では鳴門海峡付近から 2 m および 3 m の等波高線が扇状に拡がり、4 m 等波高線が小豆島の東方海上から家島周辺および対岸の兵庫県沿岸に延びる。波向は SE から S 方向に傾く。東部海域における T0416 号時の波高は T0418 号時より紀伊水道で 1 m、大阪湾と播磨灘で 0.5 m 大きい。

### (7) T9313 号 (Fig. 27)

#### 1) 台風特性と被災状況<sup>[13]</sup>

本台風は 1993 年（平成 5 年）8 月 30 日北緯 20° 付近に位置する沖ノ鳥島付近で発生、WNW 方向に進行して 31 日から 9 月 2 日にかけて向きを NE 方向に転向し、そのまま進んで 3 日 16 時前に薩摩半島南部に上陸した。上陸時の気圧は 930 hPa と台風は非常に強い勢力を保っていた。台風はその後 NE 方向に進行を続けて、3 日 23 時 30 分頃愛媛県八幡浜付近に再上陸、松山付近を通って広島県福山付近に再び上陸、そのまま日本海に抜けた。最低観測気圧は台風経路に近い観測地点のうち延岡で 954.5 hPa、宇和島で 971.0 hPa、大分で 973.8 hPa、松山で 975.3 hPa、広島で 980.3 hPa、多度津で 977.6 hPa、岡山で 979.2 hPa、姫路で 984.3 hPa、神戸で 988.9 hPa であるから、台風は上陸後非常に強い勢力を急速に減衰させながらも、四国・中国地方で中心気圧 980 hPa 前後の比較的強い勢力を保っていた。本台風時には大雨に伴う洪水災害・土砂災害および暴風に伴う強風災害が九州、四国、中国、近畿地方を中心に生じた。死者・行方不明者は 48 名、家屋被害 1,900 棟、浸水被害 10,400 棟である。

#### 2) 最大風速・風向の空間分布

台風の上陸後の NE 方向への進行、すなわち延岡、松山、福山付近の通過に伴い、西部海域では NE 寄りの風の場合、東部海域では S 寄りの風の場合、中部海域では両者が混在する風の場合となっている。すなわち、西部海域では豊後海峡付近の 30 m/s 風速域を中心に、豊後水道北西部、別府湾、伊予灘西部海域で 25 m/s 域、豊後水道北東部と南部、周防灘の東西方向中心線より南側、伊予灘中部および斎灘と安芸灘で 20 m/s 域となっている。伊予灘東部や安芸灘、斎灘の南部では風速は 20 m/s 以下である。風向は豊後水道南部を中心に、そこより南側では時計回りに N 方向に向けて ENE から NE、NNE、N へと変わる。全体として NE 方向の風が卓越する。

中部海域では風速は北西部と南東部の沿岸で 20 m/s より大きく、それ以外の海域で 20 m/s 以下をとる。風向は海域の西半分が E 寄り、東半分が SW である。風速は全般的に大きくない。東部海域では紀伊水道北西部、大阪湾中部・南部、播磨灘北東部が 25 m/s 域に、領域全体が 20 m/s 域に入る。風向は紀伊水道で南部の S から SSE、大阪湾で南部の S から北部の SSW、播磨灘で SE～S、南西部で SE をとる。

#### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では豊後水道境界より 5 m 等波高線が水道中部に延び、4 m 波高域が豊後海峡に達する。波向は S から SSE をとる。内海では NE 方向の風の吹送に伴い、波高は伊予灘東部の 1 m から西部および別府湾沿岸にかけて 4 m 以上に増大する。波向は 3 m 以上の高波高域で NE をとる。豊予海峡付近では豊後水道から伝播する S 寄りの波浪と内海で発生した NE 寄りの波浪が拮抗するはずであるが、平均波向は NE をとることから、内海発生波浪の影響が大きい。周防灘で波高は北側の 1 m から南側

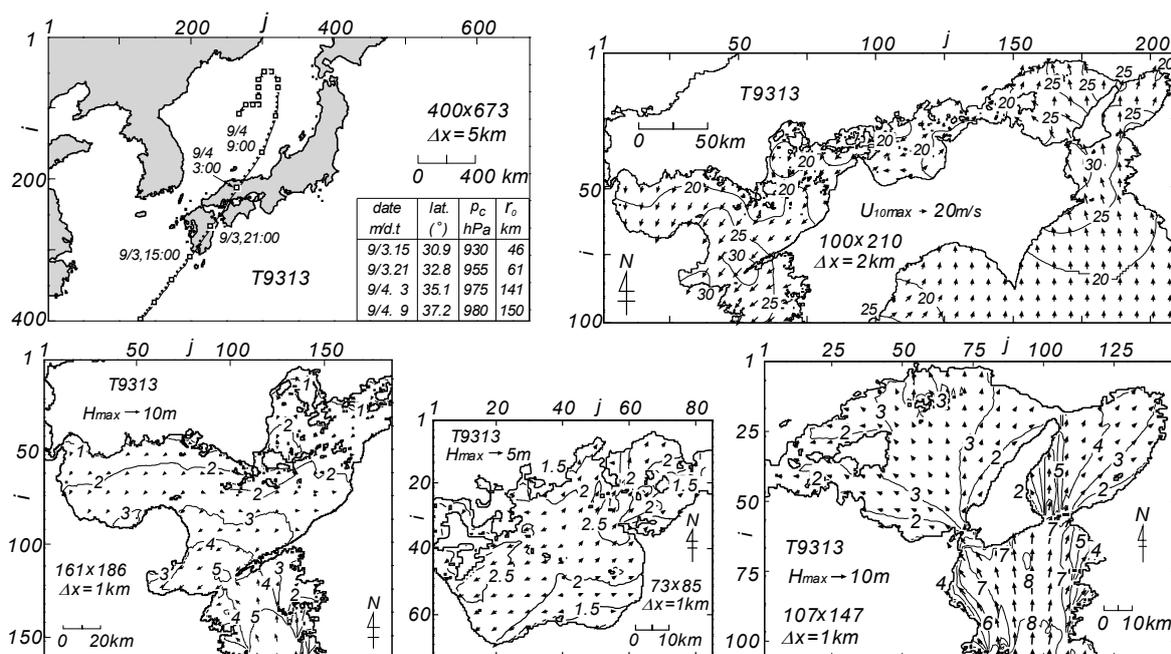


Fig. 27 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T9313.

の3 mに増加する。波向は海域の西側でN~NE, 東側でNW寄りである。斎灘や安芸灘では波高は北側で1 m, 南側で2 mをとる。波向はそれぞれNEおよびNを示す。要するに, NE方向の強風の吹送により, 別府湾沿岸の波高が大きい点が注目される。

中部海域では2.5 m波高域が燧灘西部(大三島西岸の海域, 波向はENE)と海域の北東(波向はSW)にみられる。前者は台風接近前のE寄りの風, 後者は台風通過後のSW方向の風による。

東部海域では波高は紀伊水道の境界付近で8 mをとり, 7 m波高域が水道奥の友ヶ島水道や鳴門海峡付近に達する。波向はSを中心とする。大阪湾では5 m等波高線が友ヶ島水道から淡路島北端付近にあり, 4 m等波高線が神戸付近に, 3 m等波高線が湾奥に達する。湾の南東岸沿岸には2 m等波高線が現われる。湾の3/4近くの海域が波高3 m以上をとる。波向はSからSWに変わる。播磨灘では鳴門海峡付近から2 mと3 mの等波高線が放射状に拡がり, 家島付近に4 m波高域がみられる。3 m以上の高波高域の波向はSEからSに傾く。

## (8) T7010号 (Fig. 28)

### 1) 台風特性と被災状況<sup>[11]-[13]</sup>

本台風は1970年(昭和45年)8月16日北緯20°付近で発生, W方向, WNW方向, ついで18日12時以降NW方向に進み, 20日3時には北緯26°付近で中心気圧910 hPaに達した。その後, 勢力が衰えたものの, そのままNW方向の進行を続け, 21日8時高知県佐賀町付近に上陸, 11時過ぎに松山付近を通過して12時頃呉付近に再び上陸, 日本海に抜けた。最低観測気圧は足摺岬で962.3 hPa, 高知で979.2 hPa, 宇和島で971.4 hPa, 松山で970.9 hPa, 大分で990.7 hPa, 山口で990.0 hPa, 呉で975.2 hPa, 広島で976.2 hPa, 福山で980.1 hPa, 岡山で992.9 hPaであるから, 通過経路にほぼあたる足摺岬, 松山, 呉, 広島で低い。本台風時には四国・中国地方を中心に近畿・中部地方の一部で豪雨による洪水・土砂災害や強風災害が生じた。また高知県一帯, とくに高知市で235 cmもの高潮偏差がほぼ満潮時に重なって発生したため, 市の広範な地域が海水で覆われるという甚大な高潮災害が生起

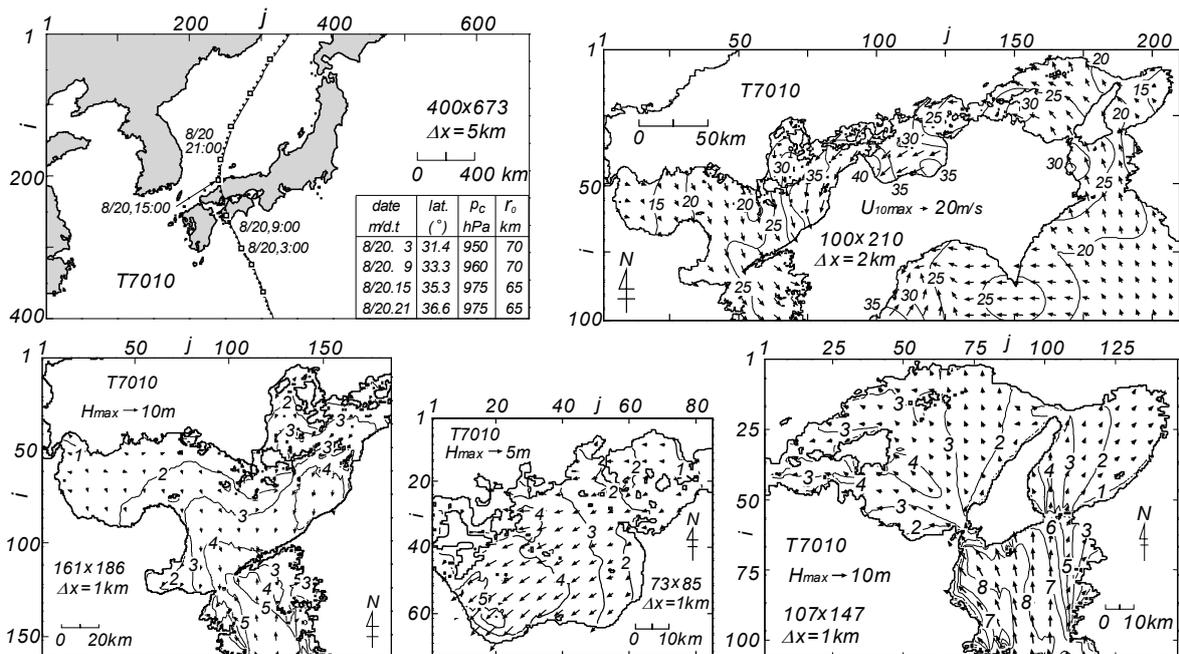


Fig. 28 Typhoon track diagram supplemented with a list of typhoon parameters and spatial distributions of maximum wind speed and maximum wave height in the Seto Inland Sea generated by T7010.

した。死者・行方不明者は 27 名，家屋被害 48,700 棟，浸水被害 60,000 棟，船舶被害 1,721 隻に達する。

### 2) 最大風速・風向の空間分布

台風が高知県南部に位置する中村市近くの佐賀町から松山，呉へと通過したことから，西部海域では NE~NW 方向の強風が吹送した。すなわち，今治付近を中心として同心円上に斎灘，安芸灘東部，伊予灘東部は 35 m/s 風速域に入り，ついで安芸灘全域や伊予灘中部，豊後水道の東側が 25 m/s 風速域に入る。周防灘の中部から伊予灘西部，別府湾，豊後水道の西側が 20 m/s 域，周防灘中部と西部が 20 m/s 以下の風域となっている。風向は斎灘・安芸灘の NE から西あるいは南にいくにつれて反時計方向に N を経て NW に変化する。

中部海域では風速は北東部の 25 m/s 弱から南西部の 40 m/s に増大し，NE~ESE 方向の強風が吹送している。30 m/s を越す暴風域が北東部を除く大部分の海域で現われる。東部海域では四国東部を中心に同心円状に風速が小さくなる。すなわち，紀伊水道西部から播磨灘南部（風向 SSE~ESE）が 25 m/s 以上の強風域に入り，局所的に 30 m/s を越える。ついで，紀伊水道南部を除く海域，大阪湾南部，播磨灘が 20 m/s 以上の風域に入り，大阪湾の中部から北部で 15 m/s 弱から 20 m/s 域になる。風向は紀伊水道の SSE 方向から大阪湾・播磨灘の E 方向に反時計まわりに若干変化する。

### 3) 最大波高・波向の空間分布

西部海域では 6 m 波高域は豊後水道の境界付近にみられるのみで，5 m 波高域が豊予海峡に到達する。波向は SSW から SE 寄りに変化する。内海では波高が周防灘から豊予海峡に向けて 5 m に大きくなり，5 m に達する。波向は NNW をとるが，豊予海峡にごく近い豊後水道内で外洋から伝播した波浪との重ね合せの影響が現われる結果，波向は NNW（内海発生波浪）と SSE（外洋波浪）の中間の方向である ENE をとる海域も見出される。また，伊予灘東部ではそこでの強風により，波向が NNE から N で波高が 4.5 m に及ぶ高波高場が形成されている。

中部海域では波高は北東部から南西部に向けて SW 方向に増加し，波高の最大値は 5 m を越える。

波向はNEである。これはもちろん 35 m/s から 40 m/s に達する NE 方向の強風の吹送による。T7010 号時には、燧灘南西海域で記録的な高波高が発生したと推測される。

東部海域では紀伊水道から外洋波浪が入射し、大阪湾で友ヶ島水道から N~NW 方向に、播磨灘で鳴門海峡付近から SE 方向に波浪が伝播するという S 寄りの強風が吹送した場合の典型的な波高の空間分布パターンが再現される。紀伊水道で 8 m 波高域が淡路島南岸に達するとともに、7 m 波高域がほとんどを占める。大阪湾で湾口から 4 m 等波高線が伸び、2 m 等波高線が神戸付近に達する。要するに、湾内での波高はあまり大きくない。播磨灘でそれぞれ 2 m と 3 m の等波高線が鳴門海峡付近から放射状に拡がり、小豆島南東側海域に 4 m 波高域が出現する。播磨灘における波高はある程度の大きさをもつが、最大級の値をとらない。しかし、播磨灘の西端海域（高松の沖合）では、その相対的な狭小さにもかかわらず、波高は 3 m とかなり高い値を示す。ただし、計算格子網の地形解像度は 1 km であるので、波高が過大評価の傾向にあるのは否めない。

## 5. 風速・波高の極値の空間分布

### 5.1 風速の極値

Fig. 29 は 1961~2005 年の各ストーム(台風と低気圧, 季節風) 時最大風速資料から抽出した 45 年間の期間最大 (10 m 高度) 風速  $U_{max}^{61-05}$  の空間分布を示す。記号における上側の添字は資料期間 (1961~2005 年), 下側の添字は期間最大値を表す。これによると、外洋部では室戸岬周辺に 45 m/s 域が出現する。西部海域では豊後水道で 30 m/s 前後、内海で豊予海峡から伊予灘中部・東部や斎灘、安芸灘・広島湾、周防灘北部で

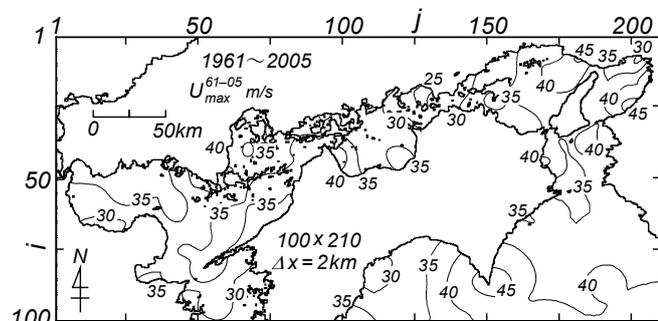


Fig. 29 Largest wind speed  $U_{max}^{61-05}$  in the Seto Inland Sea during the period of 1961 - 2005.

35 m/s 域がみられる。それ以外の海域ではおおむね風速は 30~35 m/s の範囲にある。

中部海域では燧灘西側の今治周辺海域に 40 m/s 風速域が、燧灘東側の川之江付近に 35 m/s 域がみられ、他の海域では風速は 30~35 m/s の範囲にある。東部海域では 40 m/s 風速域が紀伊水道南部と友ヶ島水道付近、小松島付近、大阪湾東部、播磨灘北東部にみられ、大阪湾東部では T6118 号 (第 2 室戸台風) 時に生じた 45 m/s 域も見出される。また 35 m/s 域がほぼ全域を覆う。ただし、備讃瀬戸では風速は 30 m/s に達しない。

Fig. 30 は 1961~2005 年 45 年間の年別最大風速資料に対する極値統計解析 ( $K=N_T=N=45$ ,  $\nu=1$ ) から得た 50 年確率風速  $U_{50(i)}^{61-05}$  とその変動係数  $U_{\sigma 50(i)}^{61-05}/U_{50(i)}^{61-05}$  の % 値を瀬戸内海全域について示す。ここに、下側の最初の添字は再現期間、括弧内の数字は資料採択率、 $\sigma$  は標準偏差を表す。50 年確率風速は西部海域では豊後水道で 30 m/s 前後、内海のうち豊後水道から対岸の山口県沿岸に至る海域で 35 m/s、佐田岬先端で 40 m/s となっており、その他の海域では 30~35 m/s の範囲に入る。中部海域でも燧灘西部や東部の一部における 35 m/s 域を除いて 30~35 m/s の範囲にあり、備讃瀬戸で 30 m/s 以下をとる。東部海域では 50 年確率風速は室戸岬周辺で 40 m/s、紀伊水道で 35 m/s、紀伊水道北部から大阪湾で 35~40 m/s を与えるし、播磨灘北東部も 35 m/s 域に入る。大阪湾東部で 40 m/s を上まわる一方、播磨灘南西側で 30~35 m/s の範囲をとり、局所的に 30 m/s 以下を示す。

変動係数は 4~14 % を与え、50 年確率風速の大きい海域で大きくなる傾向にある。紀伊水道南部、大阪湾北東部、播磨灘北東部、斎灘南部と燧灘西部で、変動係数は 10 % を越える。

Table 4 は推算資料と観測資料より得た年別最大風速資料に対する極値統計解析の結果、すなわち相関係数  $\rho_U$ 、50 年確率風速  $U_{50}$  とその標準偏差  $U_{\sigma 50}$  を解析条件（資料の種類、資料期間、資料年数  $K$ 、採択資料数  $N$ ）とともに示す。資料期間は 1961～2005 年の 45 年間と観測資料期間の 2 種類を与える。観測風速は 1/7 乗則により推算風速と同じ 10 m 高度風速に変換している。これによると、資料期間を観測資料期間に合わせた場合の推算資料に基づく 50 年確率風速（推算値）は苅田、神戸で観測資料に基づく 50 年確率風速（観測値）とよく符合するが、大分と MT 局では推算値が観測値と比べてかなり大きい。これは陸上観測地点の SDP 風速を海上観測地点の観測相当風速に変換した際の過大評価の可能性のほか、観測資料における最強風時風速の欠測や 1～2 時間という観測時間間隔によると推測される。また、2 種類の推算値を比べると、資料期間の伸長に伴い、苅田と大分では推算値および標準偏差がともに小さくなる。これは資料の伸長期間において最上位値級の強風が生じていないことを表す。一方、神戸と MT 局では推算値および標準偏差ともに両者がかなり大きくなる。これは 1960 年代前半の巨大台風（T6118 号（第 2 室戸台風）、T6420 号、T6523 号）による最上位値級の風速の影響を表す。

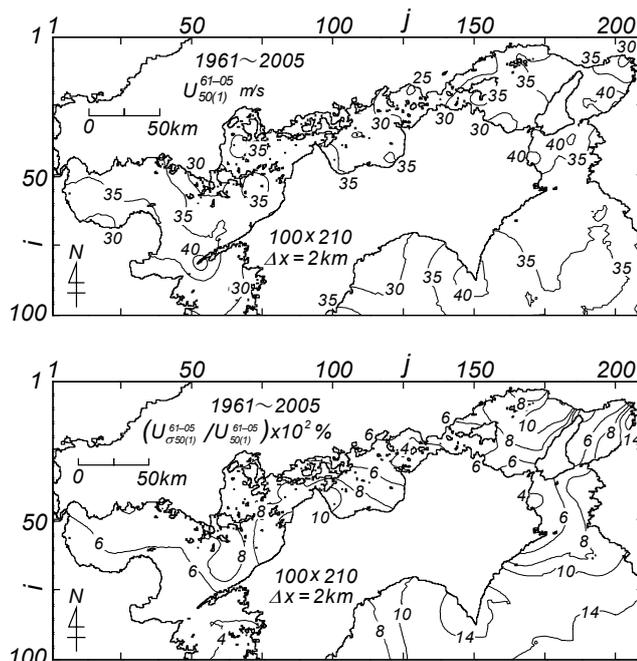


Fig. 30 50-year return wind speed  $U_{50(l)}^{61-05}$  and percentage expression of its variation coefficient (standard deviation  $U_{\sigma 50(l)}^{61-05}$  divided by 50-year return wind speed)  $(U_{\sigma 50(l)}^{61-05} / U_{50(l)}^{61-05}) \times 10^2$  in the Seto Inland Sea estimated using the annual maximum data during the period of 1961 - 2005.

Table 4 Comparison of 50-year return wind speed  $U_{50}$  and its standard deviation  $U_{\sigma 50}$  estimated from data samples of annual maximum wind speed based on hindcasts and measurements in the Seto Inland Sea.

location	data	period	$K$ yrs.	$N$	$\rho_U$	$U_{50}$ m/s	$U_{\sigma 50}$ m/s
Kanda	cal.	61-05	45	45	0.987	33.6	1.5
	cal.	91-05	25	25	0.983	34.3	2.1
	obs.	91-06	26	25	0.980	33.4	3.3
Oita	cal.	61-05	45	45	0.992	34.6	1.7
	cal.	87-05	19	19	0.985	37.9	2.8
	obs.	87-06	20	20	0.990	31.7	1.9
Kobe	cal.	61-05	45	45	0.982	31.1	1.7
	cal.	82-05	24	24	0.991	25.5	0.8
	obs.	82-05	24	22	0.992	26.0	1.4
MT st.	cal.	61-05	45	45	0.985	43.6	4.1
	cal.	79-05	27	27	0.987	36.2	3.2
	obs.	79-05	27	27	0.993	28.1	1.1

## 5.2 波高の極値

Fig. 31 は 1961～2005 年 45 年間の期間最大波高  $H_{max}^{61-05}$  の空間分布を瀬戸内海の西部，中部，東部の 3 海域について示す。期間最大波高は西部海域では豊後水道の境界で 11 m をとり，10 m 等波高線が佐田岬沿岸に，9 m 等波高線が豊予海峡に到達する。内海では 8 m 等波高線が豊予海峡から国東半島北東部に延び，7 m 等波高線が山口県下松付近の沖合に，6 m 等波高線が山口県沿岸に達する。周防灘では西側に向けて 4 m 等波高線が延び，3 m 等波高線がほぼ全域を覆う。伊予灘では 4 m 等波高線がほぼ全域に拡がり，4.5 m 等波高線も東部にみられる。斎灘や安芸灘には波高 3 m の等波高線が現われる。別府湾では沿岸部で 4.5 m，湾奥で 4 m をとる。

中部海域では水島灘で 2.5 m 波高域，備後灘の北部で 3 m 波高域，燧灘東部に 3.5～4 m の波高域が，西部に T7010 号時に出現した 5 m の波高域が見出される。東部海域では紀伊水道境界で波高 15 m，水道の奥で 10 m をとり，10 m 波高域が広い範囲を占める。大阪湾では 6 m 波高域が湾口から N 方向に向けて対岸の須磨方面に近づき，5 m 等波高線が神戸より東側に延びて湾の半分を，4 m 波高域がほぼ湾全体に拡がる。播磨灘では鳴門海峡付近から 4 m 等波高線が放射状に家島を越えた海域にまで拡がり，小豆島南側では T6523 号時に伴う 5 m 波高域も見出される。

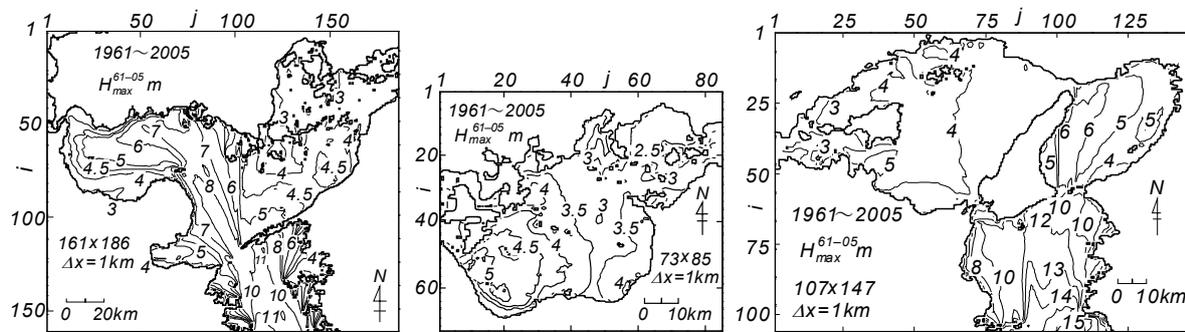


Fig. 31 Largest wave height  $H_{max}^{61-05}$  in three areas of the Seto Inland Sea during the period of 1961 - 2005.

Fig. 32 は 1961～2005 年 45 年間の年別最大波高資料に対する極値統計解析 ( $K=N_T=N=45$ ,  $\nu=1$ ) から得た 50 年確率波高  $H_{50(l)}^{61-05}$  とその変動係数の  $H_{\sigma 50(l)}^{61-05}/H_{50(l)}^{61-05}$  の % 値の空間分布を表す。50 年確率波高は西部海域では豊後水道境界と佐田岬沿岸の沖合で 11 m をとり，10 m 波高域が佐田岬沿岸に，9 m 波高域が豊予海峡に達する。豊予海峡から 8 m 域が国東半島東側の沖合に延び，7 m 波高域が山口県下松沖合に，6 m 波高域が山口県沿岸に達する。周防灘では西部奥に 4 m 域が拡がり，3 m 域がほぼ全域を覆う。伊予灘では 4 m 域が広い範囲に分布し，4.5 m 域も局所的にみられる。斎灘や安芸灘では 3 m 域，広島湾で 2 m 域が出現する。別府湾では沿岸部全体に 4 m 域が拡がり，豊予海峡に近い東側では 4.5 m もみられる。中部海域では水島灘と備後灘北部で 2.5 m 波高域があり，備後灘南部で波高は 3 m を越える。燧灘東部の沿岸に波高 3.5 m を越える海域が，燧灘西部の沖合に 4 m を越える海域が広い範囲にみられ，局所的に 4.5 m に達する。東部海域では波高は紀伊水道境界で 14 m，友ヶ島水道入口付近や鳴門海峡入口付近で 10 m をとり，10 m 域がほぼ紀伊水道全体を占める。大阪湾では 6 m 等波高線が淡路島北側まで，5 m 等波高線が神戸まで延び，4 m 波高域がほぼ湾全体を覆う。播磨灘では 4 m 波高域が鳴門海峡付近から NW 方向に放射状に拡がり，小豆島周辺から家島周辺を越えた広い範囲に及ぶ。小豆島の西側半分の海域は 3 m 域に入る。

変動係数は西部海域で 3～10%，中部海域で 3～14%，東部海域で 4～14% をとり，とくに西部海域では周防灘東部や斎灘，安芸灘，中部海域では燧灘西部，東部海域では紀伊水道，大阪湾，播磨灘の

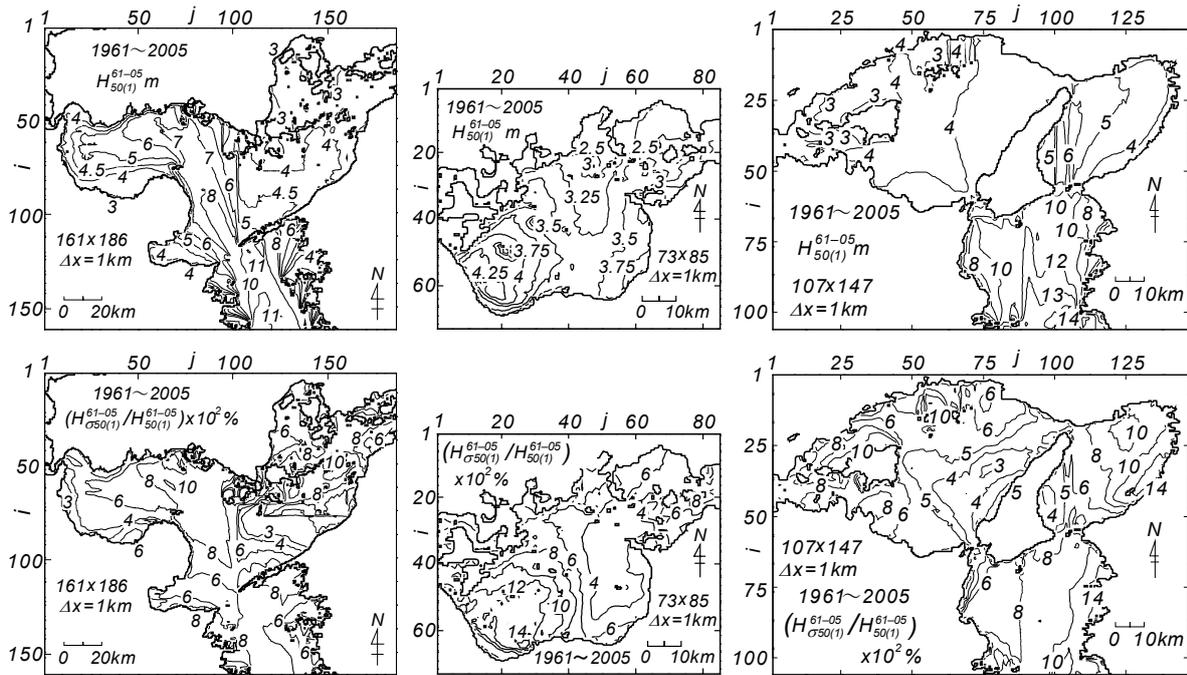


Fig. 32 50-year return wave height  $H_{50(1)}^{61-05}$  and percentage expression of its variation coefficient (standard deviation  $H_{\sigma_{50(1)}^{61-05}}$  divided by 50-year return wave height)  $(H_{\sigma_{50(1)}^{61-05}}/H_{50(1)}^{61-05}) \times 10^2$  in three areas of the Seto Inland Sea estimated using the annual maximum data during the period of 1961 - 2005.

うち小豆島と家島の北西側や南西側・南側で大きい。

Table 5 は推算資料と観測資料より得た年別最大波高資料に対する極値統計解析に基づく 50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma_{50}}$  を相関係数  $\rho_H$  および解析条件とともに示す。推算資料に基づく 50 年確率波高 (推算値) は 45 年間 (1961~2005 年) と観測資料期間の 2 種類の資料について与える。神戸では推算値は観測資料より得た 50 年確率波高 (観測値) とほぼ符合し、大分と MT 局では推算値は観測値と比較的近い値をもつ。しかし、苅田では推算値が観測値よりかなり大きい。これは観測資料期間における最上位値級の波高の欠測によると推測される。また、2 種類の資料期間に対する推算値

Table 5 Comparison of 50-year return wave height  $H_{50}$  and its standard deviation  $H_{\sigma_{50}}$  estimated from data samples of annual maximum wave height based on hindcasts and measurements in the Seto Inland Sea.

location	data	period	$K$ yrs.	$N$	$\rho_H$	$H_{50}$ m	$H_{\sigma_{50}}$ m
Kanda	cal.	61-05	45	45	0.994	4.67	0.18
	cal.	80-05	26	26	0.981	4.61	0.20
	obs.	80-06	27	27	0.968	4.04	0.40
Oita	cal.	61-05	45	45	0.997	4.17	0.30
	cal.	87-05	19	19	0.992	4.70	0.52
	obs.	87-06	20	20	0.998	5.18	0.87
Kobe	cal.	61-05	45	45	0.990	4.35	0.41
	cal.	75-05	31	31	0.982	3.79	0.26
	obs.	75-05	31	29	0.987	3.83	0.31
MT st.	cal.	61-05	45	45	0.993	3.83	0.31
	cal.	78-05	28	28	0.985	3.14	0.19
	obs.	78-05	28	28	0.994	3.41	0.22

をみると、苅田では両者にあまり差はない。また、神戸と MT 局では 45 年間資料の推算値が観測期間資料の推算値に比べて有意な程度に増大し、大分では減少する。資料期間の伸長に伴う推算値の増大は、伸長期間において最上位値級とこれに近い値が出現したことによる。この場合には標準偏差も増加する。一方、大分における推算値の減少は伸長期間の間に最上位値級の値が生じていないことによる。この結果は資料期間の伸長に伴う標準偏差の減少に反映される。逆に言えば、大分における観測資料のように、短い資料期間の間で突出した最上位値がいくつか生じると、観測値（50 年確率波高）が大きく評価され、同時に標準偏差も大きくなる。こうした観点でみれば、苅田では資料の伸長期間において最上位値付近に位置する年別最大値は生じていないと考えられる。

## 6. 結 語

本研究では SDP 風資料より得た 1961～2005 年の 200 ケース前後のストーム時海上風分布の推算資料とこれを入力条件とする瀬戸内海 3 海域の波浪推算資料および海上風・波高観測資料を用いて海上風速・風向および波高の推算精度を詳細に検討するとともに、代表的な台風時における最大風速・最大波高の空間分布、さらに風速と波高の 45 年間の期間最大値および 50 年再現確率値の空間分布の特徴を議論した。得られた結果はつぎのように要約される。

①個々の観測地点における海上風、沿岸風および波高に対する推算値と観測値はそれぞれ多少の乖離を伴うけれども、全般的には比較的良好に対応する。ただし、東部海域の紀伊水道内にある観測地点では波高に対する推算値はやや過大な値を与える傾向にあるのは否めない。

②海上風、沿岸風推算と波浪推算の比較的高い精度は、個々のストーム時の風速・風向および波高時系列に対して導かれた各 3～4 種類の誤差指標の頻度分布が統計的に有意な特性をもつことによつて支持される。また、個々のストーム時の最大風速および最大波高の空間分布も全般的にある程度以上の推定精度をもつと推論される。

③代表的な台風時に得た最大風速および最大波高の空間分布は台風の経路と台風勢力に相応した合理的な挙動を示す。

④風速および波高に関する期間最大値（1961 年以降の 45 年間）および 50 年再現確率値は強い海域依存性を伴うが、それらの海域における最大値は風速に関して外洋部で 45 m/s、内海部で 40 m/s、波高に関して外洋部で 14～15 m、内海部のうち内海発生波浪が卓越する海域で 6 m と推測される。もちろん、外洋波浪が伝播する内海部のうち波高が 6 m より大きい海域もあるのは言うまでもない。

## 参 考 文 献

- [1] 合田良実・永井康平：大阪湾における台風時波浪の数値計算，第 16 回海岸工学講演会講演集，pp.75-84，1969.
- [2] 国土交通省四国地方整備局高松港湾空港技術調査事務所：確率沖波推算システム，CD-ROM，2005.
- [3] 山口正隆・畑田佳男・野中浩一・大福 学・小出健太郎：瀬戸内海西部海域における高潮・波高の極値の推定，海岸工学論文集，第 49 巻，pp.256-260，2002.
- [4] 山口正隆・野中浩一・畑田佳男・大福 学・増田 真慈：燧灘および播磨灘における台風時波高の極値の推定，海岸工学論文集，第 51 巻，pp.171-175，2004.
- [5] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男・日野幹雄：SDP 風資料を用いた内湾・内海における 45 年間の海上風分布データセットの作成，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.B2-65，No.1，pp.186-190，2009.

- [6] 山口正隆・大福 学・野中浩一・畑田佳男：SDP 風資料に基づく内湾・内海の海上風分布の特性，工学ジャーナル（愛媛大学），第9巻，pp.1-13，2010.
- [7] 畑田佳男・山口正隆・野中浩一・大福 学：瀬戸内海における波浪推算に基づく確率波高の推定，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol. 66, No. 1, pp. 126-130, 2010.
- [8] 山口正隆・畑田佳男・大福 学・野中浩一・日野幹雄：SDP 風資料を用いた内湾・内海における波浪の長期推算システムの適用性，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.66, No.1, pp.151-155, 2010.
- [9] Yamaguchi, M. and Y. Hatada : An extremal analysis system and its application to the estimation of extremes of meteorological and oceanographic elements around the coasts of Japan, Proc. WAVES97, Vol.2, pp.932-946, 1997.
- [10] 合田良實：[増補改訂] 港湾構造物の耐波設計—波浪工学への序説—，11.極値統計解析，鹿島出版会，pp.267-326，1990.
- [11] （財）日本気象協会：1940～1970 台風経路図 30 年集，日本気象協会，139p.，1973.
- [12] 和達清夫監修：新版気象の事典，気象災害年表，東京堂出版，pp.584-616，1989.
- [13] 力武常次・竹田 厚（監）：日本の自然災害，国会資料編纂会，637p.，1999.