

## わが国周辺海域における波高の極値の推定

### Estimation of Extremes of Wave Height on the Sea Area around Japan

山口正隆\*・畑田佳男\*・野中浩一\*・大福 学\*

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

This study discusses not only the storm-type separated characteristics of return wave height and its variability but also their compounded characteristics on the sea area around Japan. For this purpose, wave hindcasting using a second generation model was conducted on the Northwestern Pacific Ocean grid with an 80 km distance for each of 454 typhoons over 51 years and for each of 148 lows over 20 years separately. Return wave height and its standard deviation are estimated applying an LSM-based extreme value analysis model to each of the typhoon- and low-generated annual maximum wave height data samples, and then their compounded estimates are obtained by a probabilistic composition. Main findings are that in most of the concerned sea area, typhoons generate much greater wave heights than low pressure systems and that in the Japan Sea, typhoon- and low-generated wave heights are comparable. Also, wave hindcasting and the analysis on the Japan Sea and on the East China Sea suggest that the effect of space resolution associated with the grid on return wave height may be significant in limited sea areas.

*Key Words* : return wave height, Northwestern Pacific Ocean, Japan Sea, East China Sea, typhoon, low pressure

## 1. 緒 言

沿岸の開発や保全・防災に係わる計画の推進においては、当該海域に來襲する波浪の最大規模を適確に把握することが重要な課題である。わが国周辺海域では、高波は夏から秋にかけての台風および晩秋から春先にかけての低気圧や季節風（低気圧と言う）により生起するが、これらの高波の極値の特性を気象擾乱別および包括的に検討した事例は多くない。

そこで本研究では、わが国周辺海域における確率波高の特性を調べるために、過去 51 年間の異常台風や過去 20 年間の異常低気圧を対象として、北西太平洋海域で別々に行った深海波浪推算から得た気象擾乱別年最大波高資料の極値統計解析に基づいて、気象擾乱別確率波高と標準偏差を求めたのち、両者の確率合成から全気象擾乱に対応する確率波高と標準偏差を推定する。ついで、格子間隔 80km から 40km へと地形解像度を 2 倍にした格子網を用いて、上記の計算では地形解像度が相対的に低い日本海および広大な浅海域を有する東シナ海において、それぞれ深海波浪推算および浅海波浪推算を行い、より適切な確率波高の推定値を得て、その特性を検討する。

---

\*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 17 年 月 日

## 2. 波浪推算に基づく確率波高の推定システムの概要

本システムは気象擾乱資料、海上風推算モデル、波浪推算モデルおよび極値統計解析モデルより成る。気象擾乱は台風と低気圧であり、それぞれ別個に確率波高の推定システムを構築する。

①波浪推算条件：格子間隔は北西太平洋海域で 80km，日本海と東シナ海でそれぞれ 40km とする。日本海では、同一の格子間隔で地形解像度を向上させるために、N-S 軸より反時計方向に 45° 傾いた座標系をもつ計算領域とする。波浪推算では、境界条件として外洋開境界の流入方向で、台風および低気圧の場合別々にパラメトリックな関係式<sup>[1],[2]</sup>により計算した方向スペクトル値を与える。台風時の日本海における計算では、東シナ海から流入するエネルギーの適正な評価のため、朝鮮海峡・対馬海峡境界線上格子点において格子間隔 5 km の高地形解像度格子網での 1 点浅海モデル<sup>[3]</sup>により計算した方向スペクトルを入力値とする。開境界の流出方向では方向スペクトルがそのまま伝播するとし、陸地境界では方向スペクトルの値を 0 とおく。波浪推算には、第 2 世代に属する深海波浪推算モデル（北西太平洋海域および日本海）および浅海波浪推算モデル<sup>[4]</sup>（東シナ海）を用いる。周波数条件は対象領域ごとに異なるが、方向データの個数はいずれの領域でも 0~360° を方向間隔  $\Delta\theta = 20^\circ$  で等分割した 19 個とする。

②海上風条件：台風の場合、51 年間（1948~1998 年）に対象領域を通過した勢力の強い 314~454 ケースについて、6 時間間隔の台風属性資料を用いる。海上風は楕円型気圧分布を仮定する台風モデル法<sup>[1]</sup>により計算する。一方、低気圧の場合、20 年間（1979~1998 年）にわたる 6 時間間隔の ECMWF（European Centre for Medium-range Weather Forecasts：ヨーロッパ中規模気象予報センター）10m 高度表面風解析・再解析資料から抽出し、それぞれの海域の格子網上に補間した 122~175 ケースの異常低気圧時資料（ECMWF 風資料）を使用する。

③極値統計解析：30 分~1 時間間隔の波浪推算より格子点ごとに求めた気象擾乱別年最大波高資料に対して、Gumbel 分布と形状母数を 27 種類とした Weibull 分布よりなる候補分布の母数推定を線形最小 2 乗法によるモデル<sup>[5]</sup>に基づいて、気象擾乱別確率波高と標準偏差を算出したのち、両者をそれぞれ確率的に結合して合成値<sup>[6], [7]</sup>を得る。解析に使用する気象擾乱別年最大波高資料の限界波高を  $H_c = 1\text{m}$  とする。

台風と低気圧に対する対象年数は相互に異なるけれども、低気圧時年最大波高の変動幅は台風時年最大波高の変動幅ほど大きくないので、対象年数の相違は極値統計解析結果にほとんど影響を及ぼさないと考えられる。

## 3. 北西太平洋海域における確率波高

### 3.1 計算条件

#### (1) 台風ケース

波浪推算の領域は台風を対象とする場合、北緯約 20~44°，東経約 120~147° の、日本海および東シナ海を含む北西太平洋海域であり、そこに格子間隔 80km，格子分割数 36×35（南北 2800km，東西 2720km）の計算格子網を設ける。

波浪推算に用いる周波数データと個数は 0.045~1.0Hz を不等分割した 20 個、波計算時間間隔は 1 時間である。海上風推算では、6 時間間隔の台風属性資料を 1 時間ごとに線形補間して台風モデルへの入力条件とする。対象台風は 1948~1998 年の 454 ケースである。

#### (2) 低気圧ケース

計算格子網、周波数・方向データおよび計算時間間隔は台風の場合と同じである。計算対象低気圧

は 1979～1998 年の 148 ケースである。6 時間間隔の ECMWF 風資料は、風速成分に対する線形補間を通じて 1 時間ごとの資料とする。

### 3.2 確率波高の特性

#### (1) 台風時確率波高

Fig. 1 は北西太平洋海域における波浪推算から得た台風時年最大波高資料に対する解析に基づく 50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma_{50}}$ 、および 50 年確率波高  $H_{50}$  と 10 年確率波高  $H_{10}$  の比で定義される合田<sup>[8]</sup>の裾長さパラメータ  $\gamma_{50}$  の推定結果を表す。確率波高は台風勢力が最盛期を迎える南方海域で 16m を、台風の北上に伴う勢力の減衰とともに、沖縄付近から日本西南部で 14m をとり、関東以北では 12～8m に漸減する。日本海では朝鮮海峡・対馬海峡付近から NE 方向に延びる 10m 域を経て、周辺沿岸部で 8m にまで減少する。東シナ海では、確率波高は南部で 14m をとり、黄海方面に向けて 6m 程度にまで減少する。確率波高の標準偏差は北西太平洋では波高の大きい南方海域で 0.5～0.75m を、四国沖、関東沖または東方海域で最大 1.25m 以上を与える。日本海では日本沿岸で 0.5m を示し、大陸沿岸に向けて 1m にまで増大する。東シナ海では南部海域の 0.75～1 m から北西部の 0.5m 域に向けて減少する。裾長さパラメータは、北西太平洋では南方海域で 1.2 以下をとり、NE 方向の関東から北海道の沖合海域にかけて 1.3 にまで大きくなり、日本海では日本沿岸の 1.2 から大陸沿岸の 1.5 に向けて増大する。また、東シナ海では NW 方向に向けて 1.2～1.4 にまで増加する。つまり、裾長さパラメータの値は全体的に台風の通過頻度の高い海域で小さく、通過頻度の低い海域で大きい。

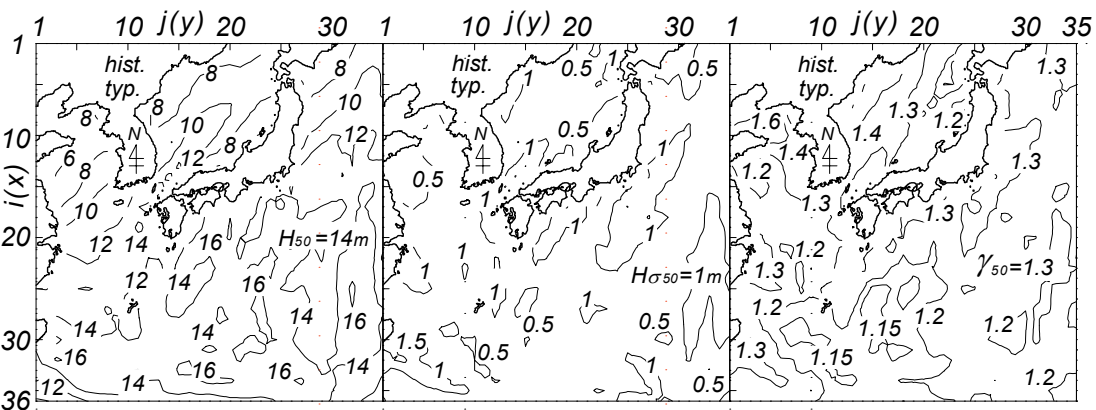


Fig. 1 Extreme value analyses for typhoon-generated wave height sample on the Northwestern Pacific Ocean.

#### (2) 低気圧時確率波高

Fig. 2 は低気圧時年最大波高資料より得た 50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma_{50}}$ 、および裾長さパラメータ  $\gamma_{50}$  の空間分布を表す。確率波高は、資料期間が短いために有意な局所の変化を示すものの、全体として、東方海域の 12m 域を中心として三方に向けて減少し、太平洋岸北東部で 8～10m をとる。これはわが国周辺海域における低気圧の発達特性を反映する。日本海では、確率波高は日本海中央部～日本沿岸西部および日本沿岸東北部の 10m 域から NW 方向に向けて減少し、大陸沿岸で 6m になる。標準偏差は確率波高と同様の分布を示し、高波高部で大きい。その値は 0.5～2m の範囲にあり、たまたま発生した異常波高域ではかなり大きく、したがって確率波高推定値の信頼度が低い。裾長さパラメータは太平洋側では南西部から北東部にかけての広い海域で 1.1～1.15 をとり、北海道のごく一部で 1.3 を与える。東シナ海でも 1.1～1.2 の値を示す。すなわち、低気圧の場合、裾長さパラメータは日本海の朝鮮半島沿岸を除いてあまり系統的な空間変化を与えず、広い範囲で 1.1～1.2 をとる。日本海では日本沿岸の 1.2 から大陸沿岸の 1.4 に増加する。

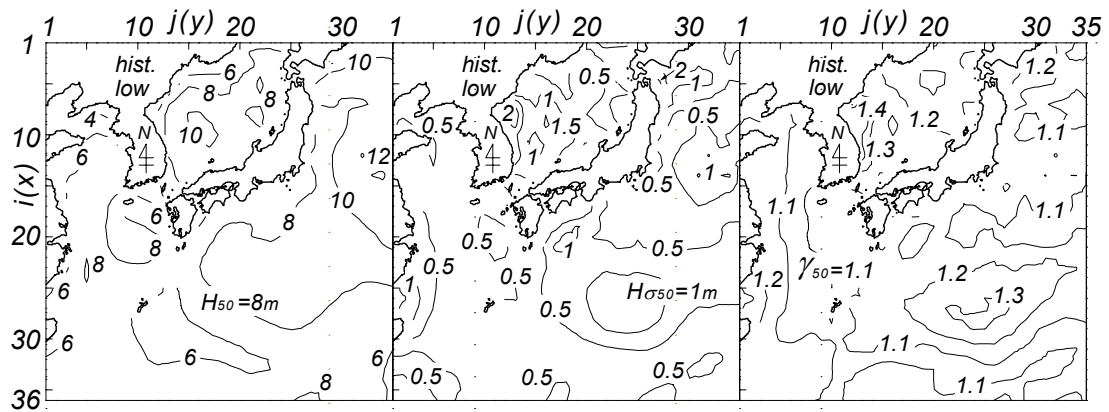


Fig. 2 Extreme value analyses for low-generated wave height sample on the Northwestern Pacific Ocean.

### (3) 全気象擾乱時確率波高

Fig. 3は全気象擾乱に対応する（合成）50年確率波高 $H_{50}$ とその標準偏差 $H_{\sigma 50}$ 、および裾長さパラメータ $\gamma_{50}$ を示す。図中の朝鮮海峡・対馬海峡近傍の日本海西部海域における確率波高は、地形解像度の低い計算格子網の使用により、朝鮮海峡・対馬海峡から日本海へ流入する波浪エネルギーが過大評価されるので、やや大きい可能性がある。Fig. 1およびFig. 2にそれぞれ与えたように、台風時確率波高は沖縄近海の14mから紀伊半島・房総半島沖合海域の16mを経て、東北・北海道沖合海域で8~12mをとり、一方、低気圧時確率波高は沖縄近海の6mから東北・北海道沖合海域の12mに向けてNE方向に増大する。すなわち、波高の極値に及ぼす台風時波高の影響が圧倒的に大きいことから、全気象擾乱時確率波高は大部分の海域で台風時確率波高とほぼ符合する。低気圧時確率波高の影響が強く現れる海域は朝鮮半島東岸沖合の日本海のほか北海道の南東海域である。これらの海域における全気象擾乱時確率波高は台風時確率波高より最大約2m大きくなり、むしろ低気圧時確率波高に近い。この特性は合成標準偏差においても現れており、台風時確率波高が卓越する海域では台風時確率波高の標準偏差に近い値を、逆に低気圧時確率波高がより大きい値をとる海域では低気圧時確率波高の標準偏差に近い値を与える。また両者が拮抗する海域では、合成標準偏差はそれぞれの気象擾乱時標準偏差より小さくなり、結果としてより空間変化の少ない分布を示す。また、裾長さパラメータも同様の空間変化を示し、台風時確率波高が卓越する海域では台風時の裾長さパラメータに近い値を、低気圧時確率波高が卓越する海域では低気圧時の裾長さパラメータに近い値をとる。

要するに、合成確率波高は、気象擾乱別確率波高の差が大きい場合には気象擾乱別確率波高の大き

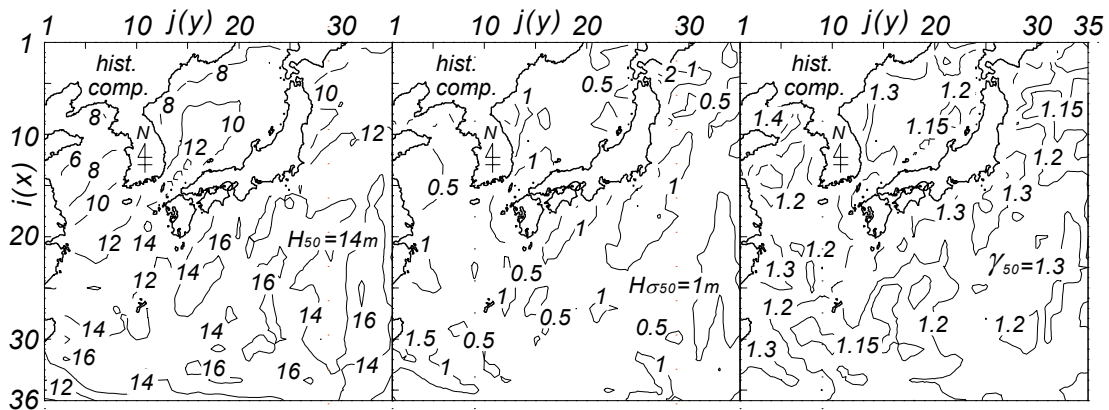


Fig. 3 Extreme value analyses for typhoon- and low-generated wave height samples on the Northwestern Pacific Ocean.

い方の値にほぼ等しくなり、差が小さい場合には気象擾乱別確率波高の大きい方の値よりさらに増加する。一方、合成標準偏差は、気象擾乱別確率波高の差が大きい場合には気象擾乱別確率波高の大きい方の標準偏差とほぼ等しい値をとり、差が小さい場合には標準偏差の大きい方の値より小さい値を与える。

## 4. 日本海における確率波高

### 4.1 計算条件

#### (1) 台風ケース

波浪推算には格子間隔 40km、格子分割数  $24 \times 53$  の格子網を使用し、計算領域を  $y$  軸方向に 9~53 の範囲とする。そして朝鮮海峡・対馬海峡の 40km 間隔格子点に相当する 5 地点 (Fig. 4 中の黒丸印) で 1 点浅海モデルによる波浪推算結果を 30 分間隔で流入境界条件として与え、流出方向では方向スペクトルが伝播するとする。他の境界は陸地境界として、方向スペクトルの値を 0 におく。周波数データと個数は 0.045~0.50Hz を不等分割した 20 個、波計算時間間隔は 30 分である。海上風は、6 時間間隔の台風属性資料に対する 30 分間隔の線形補間値を台風モデルへの入力条件に用いて計算する。計算対象台風は、日本海に高波をもたらしたと考えられる 1948~1998 年の 314 ケースであり、計算時間を節約するため、台風経路を考慮して北西太平洋海域の場合よりその数を少なくしている。

#### (2) 低気圧ケース

波浪推算には格子分割数  $24 \times 53$  の格子網全体を使用する。境界条件として、西側の開境界で流入方向にパラメトリックな関係式<sup>[2]</sup>による方向スペクトルを与える。台風と低気圧を対象とする波浪推算において、同じ格子網であっても計算範囲を異にするのは、台風の場合には朝鮮海峡・対馬海峡の位置する格子点上で高地形解像度計算に対応できる 1 点浅海モデルによる波浪推算結果を流入境界条件として与えるため、また低気圧の場合には計算対象領域をできるだけ広くとるためである。低気圧時や季節風時の日本海における波高の極値は NW~N 方向の強風によって生じるので、西側境界領域の影響は小さいと考えられる。

周波数データと個数は 0.05~0.70Hz を不等分割した 20 個、波計算時間間隔は 30 分である。海上風は、格子間隔 40km の格子網上で作成した 1979~1998 年における 6 時間間隔の ECMWF 風資料を 30 分ごとに線形補間して得る。対象低気圧は 194 ケースである。

### 4.2 確率波高の特性

#### (1) 台風時確率波高

Fig. 4 は日本海における台風時 50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma,50}$ 、および裾長さパラメータ  $\gamma_{50}$  を示す。確率波高は、日本海中央部で NE-SW 方向に伸びる 10m 域を中心として、沿岸部の 6m 域にむけて四方に減少するけれども、台風の進行方向を反映し、北海道南部西側海域にも 9m 域が到達する。日本海中央部の 10m 波高域の形成に寄与する台風は日本海を SW-NE 方向に進行した台風 5612 号、5914 号、7119 号および 8712 号であり、とくに台風 5914 号および 8712 号は北海道南部西側海域における 9m 波高域の形成に支配的影響を及ぼす。確率波高の標準偏差は 9m 以上の波高域で 0.5~1m、7m 波高域で 0.5m をとる。裾長さパラメータは日本沿岸の 1.2 から大陸側に向けて 1.4 あるいは北部沿岸では 1.8 に増加する。

#### (2) 低気圧時確率波高

Fig. 5 は低気圧時 50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma,50}$ 、および裾長さパラメータ  $\gamma_{50}$  の空間分布を表す。確率波高は日本海中央部および日本沿岸東北部で 10m を越え、それぞれの領域を中心に周囲に向けて減少する。沿岸部における確率波高は大陸側で 6m を示すのに対し、朝鮮半島東岸で 8m、北海道北部や九州北部を除く日本沿岸で 9~10m をとり、大陸側に比べてかなり大きい。日本海中央部

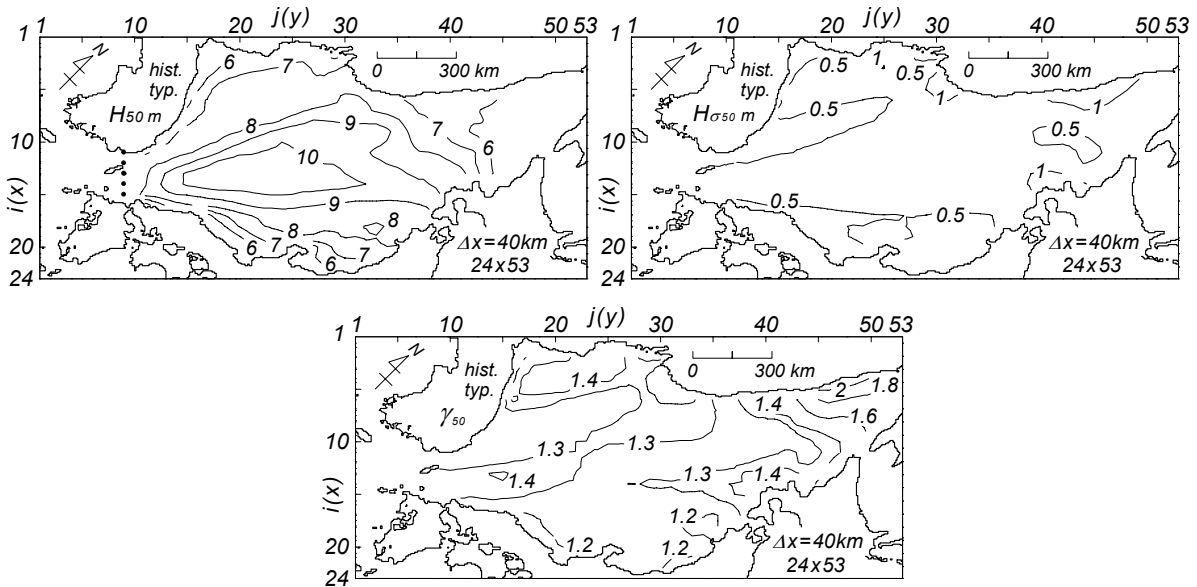


Fig. 4 Extreme value analyses for typhoon-generated wave height sample on the Japan Sea.

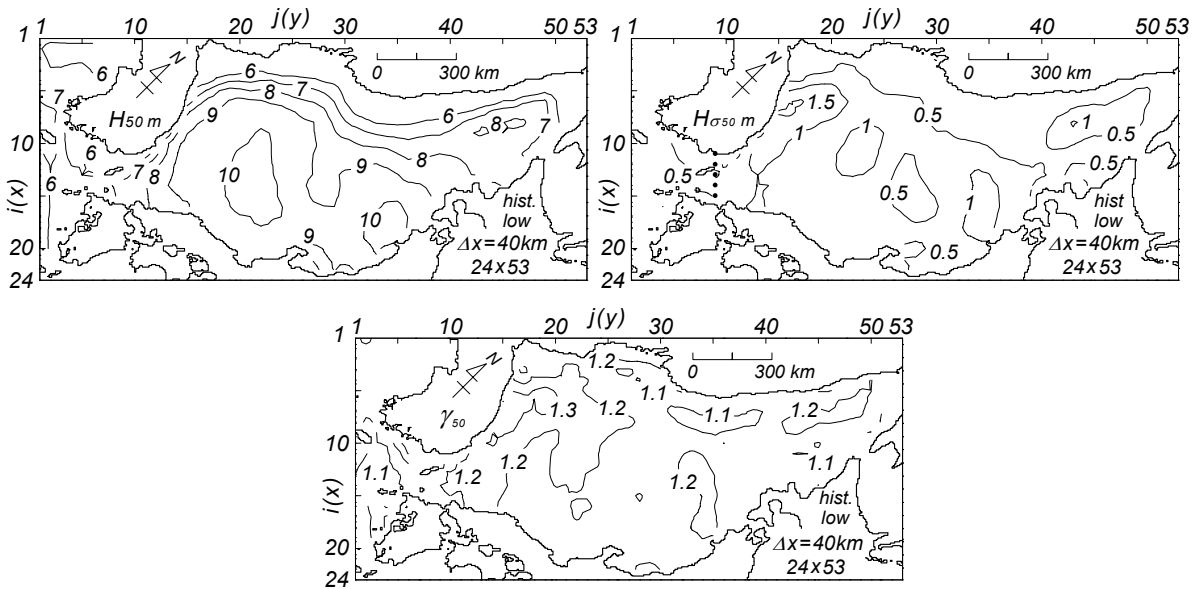


Fig. 5 Extreme value analyses for low-generated wave height sample on the Japan Sea.

および日本沿岸東北部における 10m 域の出現に寄与している低気圧はそれぞれ 1990 年 12 月 24~28 日（二つ玉低気圧）および 1995 年 11 月 6~10 日の日本海低気圧（爆弾低気圧）である。確率波高の標準偏差は広い海域で 0.5~1m の範囲にあるが、確率波高が大きい海域では 1m を越え、朝鮮半島東岸では 1.5m に達することから、これらの海域における確率波高推定値の統計的信頼性は相対的に低い。裾長さパラメータは多くの領域で 1.2 をとり、朝鮮半島東岸で 1.3 を与える。

### (3) 全気象擾乱時確率波高

Fig. 6 は全気象擾乱時（合成）50 年確率波高  $H_{50}$  とその標準偏差  $H_{\sigma 50}$ 、および裾長さパラメータ  $\gamma_{50}$  の空間分布を示す。日本海では台風時確率波高と低気圧時確率波高が拮抗することから、全気象擾乱時確率波高はいずれの気象擾乱別確率波高よりも増加する。すなわち、気象擾乱別確率波高の場合にはほとんど認められない 11m 波高域が新たに出現するとともに、10m 波高域や 9m 波高域も拡大し、9m 波高域が日本海の半分以上の領域を占める。また、8m 波高域は大陸側沿岸域や北海道北方海域を

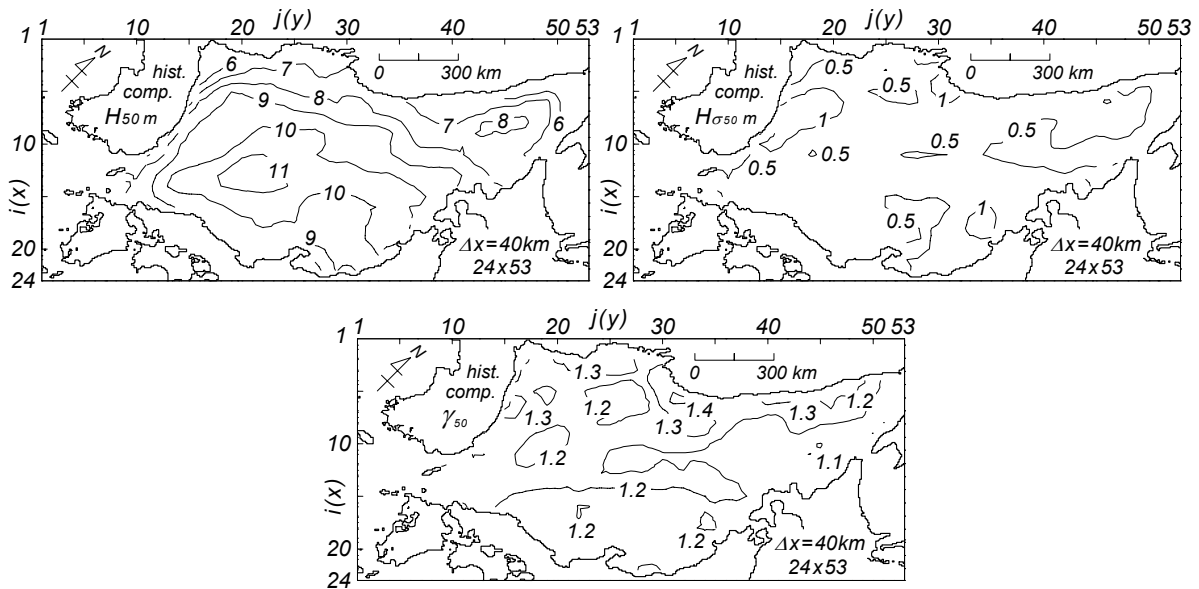


Fig. 6 Extreme value analyses for typhoon- and low-generated wave height samples on the Japan Sea.

除く日本海全域を覆っていると云っても過言でない。一方、全気象擾乱時確率波高の標準偏差は気象擾乱別標準偏差の大きい方の値を越えないので、その局所的变化は小さくなり、確率波高推定値の統計的信頼性が向上する。裾長さパラメータは日本側の 1.2 から大陸側の 1.3 に向けて漸増するけれども、空間変化はおおむね小さい。

北西太平洋海域における確率波高の推定結果と比べると、朝鮮海峡・対馬海峡から日本海西南部海域で、とくに台風時確率波高はより小さい値を与えるが、北側海域に向かうほど差は目立たなくなることから、台風時において両海峡から流入する波浪エネルギーの影響が大きい特性が示唆される。

## 5. 東シナ海における確率波高

### 5.1 計算条件

#### (1) 台風ケース

波浪推算の対象領域は東シナ海全域と日本海および北西太平洋の一部を含む北緯約 20~44°、東経約 120~134° の海域であり、そこに格子間隔 40km、格子分割数 72×36 の計算格子網を設ける。東シナ海における水深は北西部の黄海に向かうほど小さくなり、水深 50m 以下の浅海域が広範に分布するので、波浪推算には格子点浅海モデル<sup>[4]</sup>を適用する。

波浪推算に用いる周波数データと個数は 0.04~0.50Hz を不等分割した 21 個、波計算時間間隔は 30 分である。海上風推算では、6 時間間隔の台風属性資料を 30 分ごとに線形補間して台風モデルへの入力条件とする。開境界および陸地境界における境界条件の与え方はこれまでのものと同じである。計算対象台風は 1948~1998 年の間に対象領域を通過するか接近した 315 ケースである。

#### (2) 低気圧ケース

対象領域、周波数・方向データ条件、波計算時間間隔、境界条件は台風ケースと同じである。ついで、計算対象低気圧は 1979~1998 年の 122 ケースであり、波浪推算では 6 時間間隔ごとに 80km 間隔格子網で作成した ECMWF 風資料を 40km 格子網上に 2 次元 4 点補間したのち、時間に関して 30 分ごとに線形補間して使用する。

## 5.2 確率波高の特性

### (1) 台風時確率波高

Fig. 7は東シナ海における台風時50年確率波高 $H_{50}$ とその標準偏差 $H_{\sigma,50}$ , および裾長さパラメータ $\gamma_{50}$ を示す。確率波高は南方海域や沖縄本島東側海域のみならず四国沖海域で14mに達する。東シナ海では、台湾から沖縄本島、九州沖合に至る海域で14mをとり、そこからNW方向の黄海に向けて8mに減少し、山東半島近海で6m以下になる。朝鮮海峡・対馬海峡から日本海では、10m域がNE方向に広がる。確率波高の標準偏差は大部分の海域で0.5~1mである。しかし、台湾沖では2mを越え、四国沖海域でも1.5m以上になる。このほか、異常波高の生起がまれな黄海北部では、確率波高の標準偏差が1m以上をとり、確率波高に比べて相対的に大きいことから、確率波高推定値の統計的信頼性が低い。裾長さパラメータは南方海域では1.2をとる海域が多くを占める。東シナ海では南側海域の1.2からNE方向へ1.7まで増加する。日本海では中心部の1.2から沿岸部に向けて1.4に増加する。

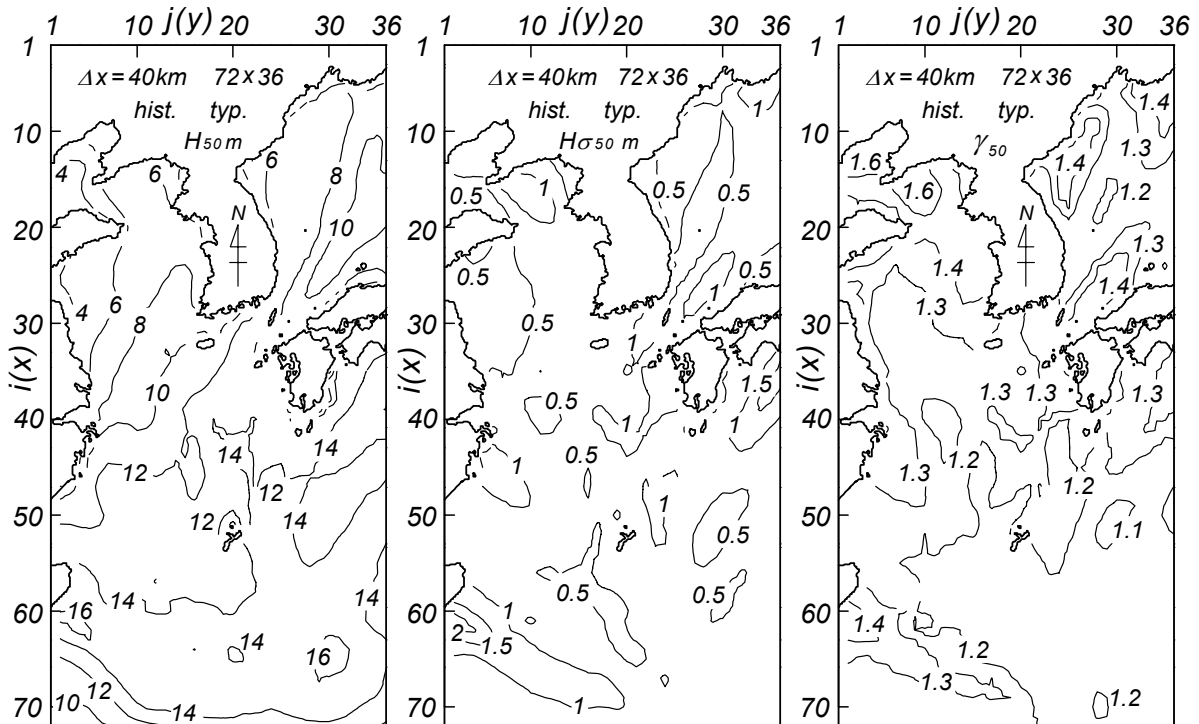


Fig. 7 Extreme value analyses for typhoon-generated wave height sample on the East China Sea.

### (2) 低気圧時確率波高

Fig. 8は低気圧時50年確率波高 $H_{50}$ とその標準偏差 $H_{\sigma,50}$ , および裾長さパラメータ $\gamma_{50}$ の空間分布を表す。確率波高は東シナ海中央部で8mの最大値をとり、N方向、S方向の2方向に向けて減少する。日本海では中心部で10m、沿岸部で6~8mになる。標準偏差は台湾北方沖合、日本海中央部、朝鮮半島沖合で1m以上を与えるが、ほとんどの海域で0.5m程度をとり、確率波高の変動範囲が狭い。裾長さパラメータは東シナ海の多くの海域で1.2以下を与え、再現期間の増大に伴う確率波高の増加率は小さい。日本海では標準偏差の大きい海域で1.25、他の海域では1.1~1.2をとる。

### (3) 全気象擾乱時確率波高

Fig. 9は全気象擾乱時(合成)50年確率波高 $H_{50}$ と合成標準偏差 $H_{\sigma,50}$ , および裾長さパラメータ $\gamma_{50}$ の空間分布を表す。東シナ海では、低気圧時確率波高の最大値は約8mであり、九州西方海域や領域南西端海域および四国沖に8m域として現れている。海域全体では、黄海を含めて広い範囲で6m域が存在する。一方、台風時確率波高は6~16mに及ぶので、台風時確率波高が圧倒的に大きい。し



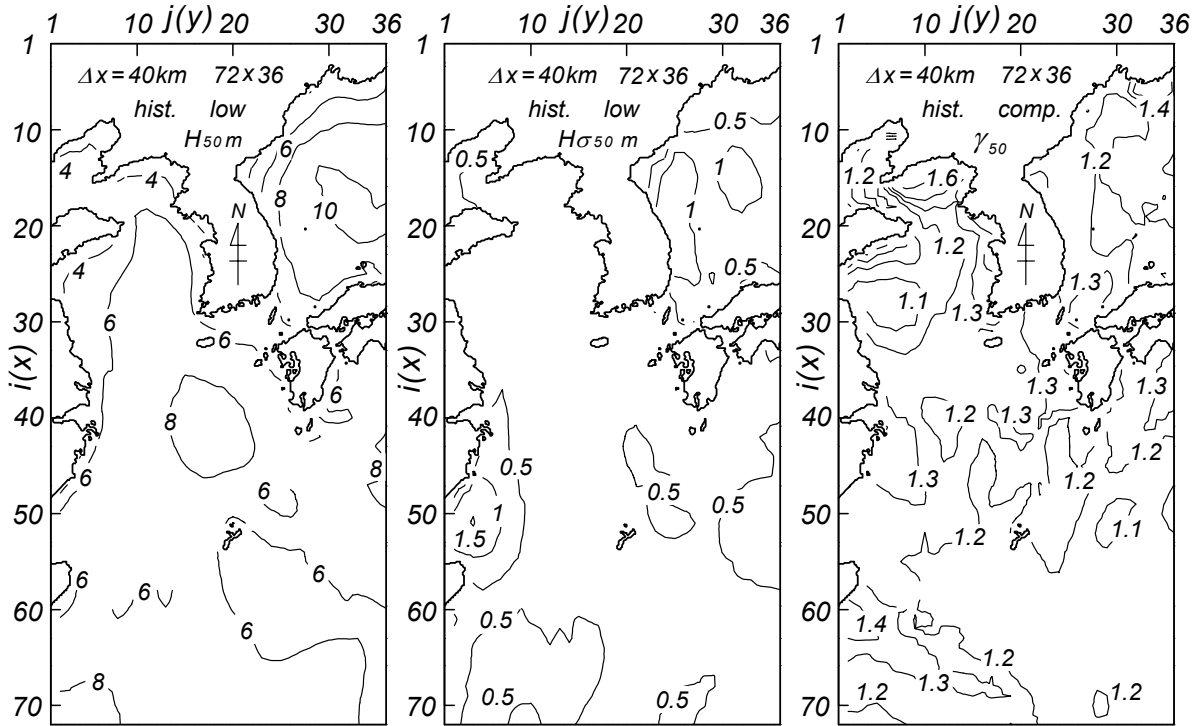


Fig. 8 Extreme value analyses for low-generated wave height sample on the East China Sea.

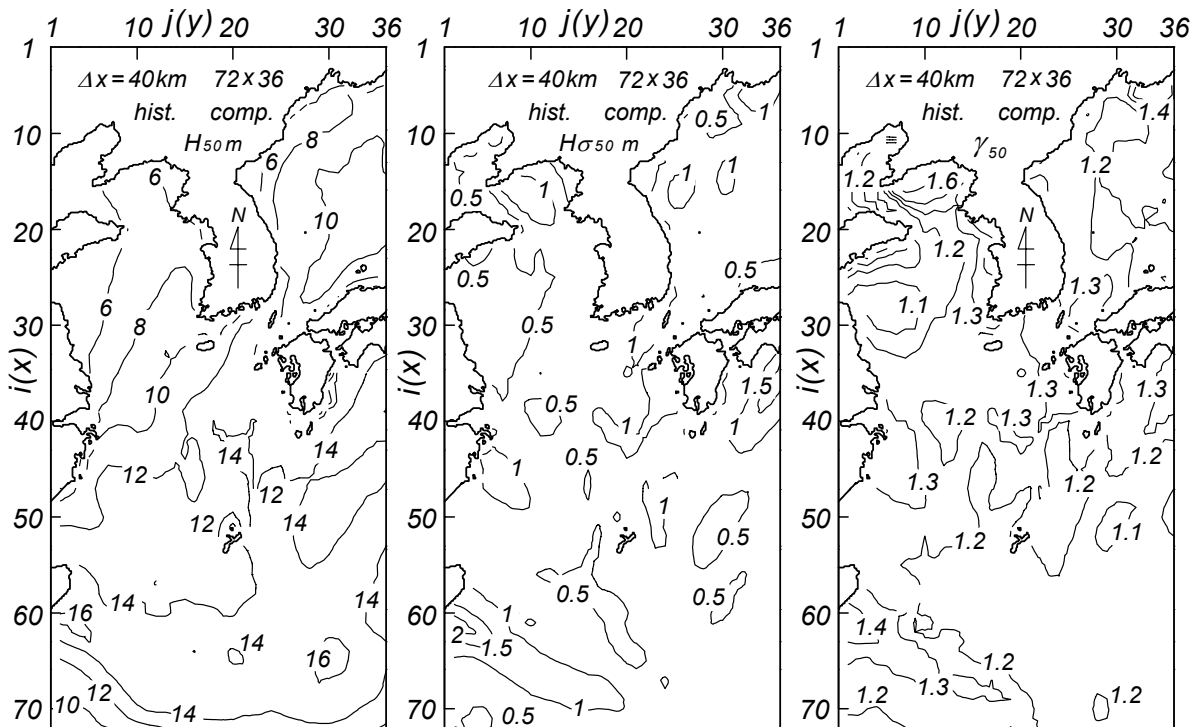


Fig. 9 Extreme value analyses for typhoon- and low-generated wave height samples on the East China Sea.

たがって、全気象擾乱時確率波高はほとんど全域で台風時確率波高とほぼ等しい値をとり、台風時確率波高より大きい値を示す海域は朝鮮半島東岸沖合の日本海など一部の海域にすぎない。標準偏差も確率波高と同様に、東シナ海、沖縄南東沖合ともに台風時確率波高の標準偏差とほぼ等しい値をとる。日本海では、全気象擾乱時標準偏差は台風時と低気圧時の中間の値を示す。裾長さパラメータの空間

分布も台風時のそれにほぼ合致する。

格子間隔 80km の北西太平洋海域における確率波高の推定結果と比べると、NW 寄りの強風の影響が大きい低気圧時確率波高については両者の差は小さいが、S 寄りの強風の影響が強い台風時確率波高については、水深の小さい東シナ海北西部、すなわち黄海以北の海域ほど確率波高はより小さい値をとる。これは、格子間隔（地形解像度）の相違の影響というよりむしろ、波浪推算における水深の影響の考慮の有無（浅海波浪推算あるいは深海波浪推算）によると考えられる。

## 6. 結 語

本研究で得た知見はつぎのようにまとめられる。

①東シナ海を含む北西太平洋海域では、台風時波高の影響が卓越するので、確率波高の特性が北海道南東海域などを除いて台風時確率波高によってほぼ規定される。また、日本海では台風時確率波高と低気圧時確率波高が拮抗するので、全気象擾乱時確率波高はこれらより若干大きい。

②日本海および東シナ海で別々に行った、地形解像度を 2 倍にした波浪推算の結果に対する検討によると、日本海の台風時を対象とする場合、朝鮮海峡・対馬海峡から日本海へ流入する波浪エネルギーの評価を 1 点浅海モデルによる結果は、朝鮮海峡・対馬海峡周辺海域を除いて、地形解像度の低い計算結果と確率波高の特性をあまり異にしない。一方、東シナ海における浅海波浪推算による結果は大部分の海域で地形解像度の低い計算結果と同程度の確率波高を生じるが、水深が小さくなる黄海以北の海域ほど、より小さい確率波高を与え、その差は有意になる。

## 参 考 文 献

- [1] 野中浩一・山口正隆・畑田佳男・伊藤吉孝：拡張型確率的台風モデルを用いた波高の極値推定システム，海岸工学論文集，第 47 卷，pp.271-275，2000.
- [2] 山口正隆・畑田佳男・野中浩一・羽間義晃：確率的低気圧モデルに基づく波高の極値推算システムの適用性，海岸工学論文集，第 46 卷，pp.251-255，1999.
- [3] 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.
- [4] 山口正隆・畑田佳男・細野浩司・日野幹雄：エネルギー平衡方程式に基づく浅海波浪の数値予知モデルについて，第 31 回海岸工学講演会論文集，pp.123-127，1984.
- [5] 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.
- [6] 合田良實：港湾構造物の耐波設計－波浪工学への序説－，鹿島出版会，333p., 1990.
- [7] 泉宮尊司：設計波の合理的な設定法，2000 年度(第 36 回)水工学に関する夏期研修会講義集，B コース，土木学会海岸工学委員会・水理委員会，pp.B3-1-20，2000.
- [8] 合田良実：設計波高に係わる極値統計分布の裾長さパラメータとその意義，海岸工学論文集，第 49 卷，pp.171-175，2002.