

## 特集「高潮防災情報の改善に向けて」

### 歴史的潮位データの作成及び高潮の再評価\*

比屋定 弘康<sup>\*\*1</sup>・大久保 沙貴<sup>\*\*1</sup>・高佐 重夫<sup>\*\*1</sup><sub>※1</sub>・小橋川 豊<sup>\*\*2</sup>  
・遠峯 勉<sup>\*\*3</sup><sub>※2</sub>・西村 文男<sup>\*\*2</sup>・大門 秀志<sup>\*\*4</sup><sub>※3</sub>・板垣 真資<sup>\*\*4</sup>  
・福田 美奈<sup>\*\*5</sup>・坂地 忠<sup>\*\*5</sup>・田口 幸輝<sup>\*\*6</sup>・江上 浩樹<sup>\*\*6</sup>  
・鈴木 博樹<sup>\*\*6</sup><sub>※4</sub>・野崎 太<sup>\*\*6</sup>

#### 要 旨

2004年に相次いで台風が上陸したことによる高潮被害など沿岸域での浸水害が注目され、高潮予測手法の高度化などが進められている一方で、これまでに我が国で発生した高潮に関しては、均質な資料が整理されておらず、その実態が比較可能な形で把握されていない。そのため、各地の気象台に保管されている潮汐観測記録を用いて、過去に発生した高潮を統一的な手法により再評価することを目的に、これらの記録をデジタル化し、品質管理を施すことで、長期にわたる均質なデータセットを作成した。

このデータセットを用いて、これまで年代によって異なる手法や精度でまとめられていた過去の高潮事例の解析を統一的な手法で行い、高潮の再評価を実施した。これにより、高潮の発生頻度や要因など、地域特性の把握が容易になった。また、各地における年最大潮位偏差の再現期間を求めた結果、名古屋や淡輪のように、短い期間に大きな高潮が繰り返し発生する地点が明らかになった。

これらのデータを用いて解析を進めることで、沿岸地域に対する高潮や異常潮位などについての防災情報の充実に資することが期待される。

\* Digitizing the Historical Sea Level Data and Re-Analysis of Storm Surges with the Data

\*\*1 Hiroyasu Hiyajo, Saki Okubo, Shigeo Takasa

Office of Marine Prediction, Global Environment and Marine Department (地球環境・海洋部海洋気象情報室)

\*\*2 Yutaka Kobashigawa, Fumio Nishimura

Oceanographical Division, Hakodate Marine Observatory (函館海洋気象台海洋課)

\*\*3 Tsutomu Toomine

Marine Division, Global Environment and Marine Department (地球環境・海洋部海洋気象課)

\*\*4 Hideshi Daimon, Shinsuke Itagaki

Oceanographical Division, Maizuru Marine Observatory (舞鶴海洋気象台海洋課)

\*\*5 Mina Fukuda, Tadashi Sakaji

Oceanographical Division, Kobe Marine Observatory (神戸海洋気象台海洋課)

\*\*6 Hideki Taguchi, Hiroki Egami, Hiroki Suzuki, Futoshi Nozaki

Oceanographical Division, Nagasaki Marine Observatory (長崎海洋気象台海洋課)

現所属 ※1 函館海洋気象台海洋課 ※2 神戸海洋気象台海上気象課

※3 地球環境・海洋部海洋気象課 ※4 海上保安庁海洋情報部環境調査課

## 1. はじめに

2004年に相次いで台風が上陸したことによる高潮被害や、南西諸島における暖水渦の接近に伴う異常潮位による浸水被害の増加、さらに地球温暖化による海面上昇の影響など、近年沿岸地域での浸水害が注目されている。2004年の台風第16号では、瀬戸内海沿岸で3万棟以上の家屋が浸水する災害となった。また2005年8月には、米国ニューオーリンズでハリケーン「カトリーナ」による大規模な高潮災害が発生し、これを契機に我が国では、ゼロメートル地帯の高潮対策検討会(国土交通省)や大規模水害対策に関する専門調査会(内閣府)などで、高潮災害に対する検討が行われることとなった。このような背景の下、的確な沿岸防災情報の発表が以前にも増して重要となっている。

過去に発生した顕著な高潮の記録は残されているが、年代によって計算手法や解析精度が異なり、一貫した比較検討に支障があった。そのため、気象庁ではこれまで長期にわたって蓄積してきた潮汐観測データを再解析し、統一的な手法により高潮の再評価を行うこととした。高潮の再評価を行うにあたっては、各地の気象台に保管されている潮汐観測原簿(以下、原簿と記す)等に記載された毎時潮位データをデジタル化して品質管理し、均質なデータセットを作成した。これにより、高潮について観測記録の残されている期間の事例を統一的に整理することが可能になった。以下に、日本沿岸の高潮について再評価した結果を報告する。

## 2. データセットの作成と再現期間の算出方法

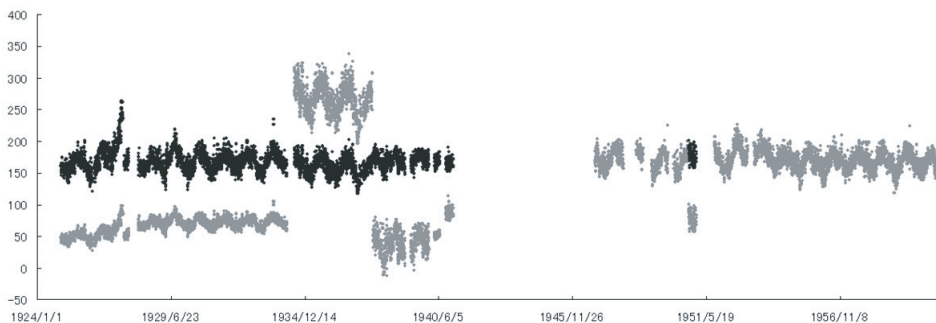
### 2.1 デジタル化したデータの品質管理の手順

1996年までの原簿等に記載された毎時潮位データをデジタル化し、品質管理を次の手順で行った。

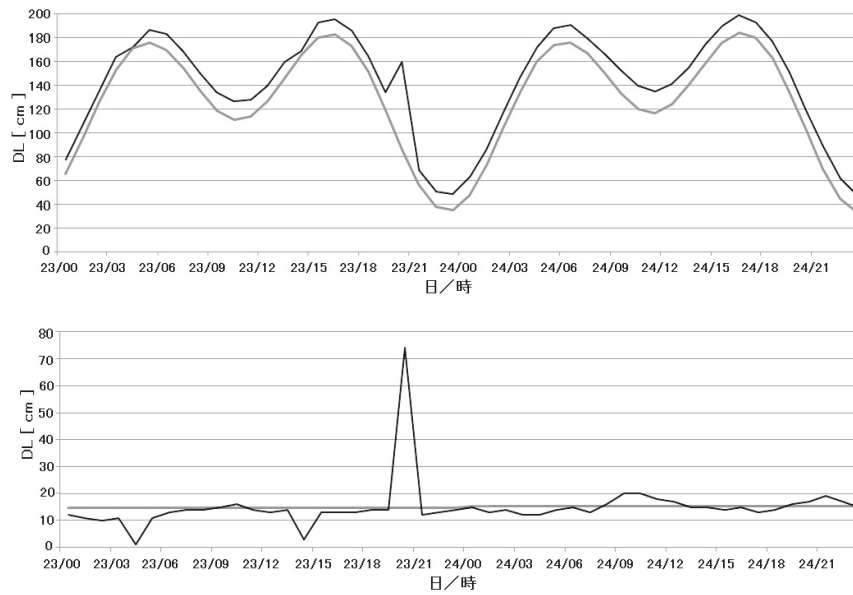
- ①日平均潮位の時系列から観測基準面の変更等により潮位が系統的に上下にシフトしている(以下、データシフトと記す)期間を抽出し、シフトの要因、補正量を、原簿、文献等から調査(神戸海洋気象台海洋課, 1965; 小林ほか, 2002; 長崎海洋気象台海洋課, 1967; 宮崎・吉沢, 1955)
- ②シフト補正を施したデータセットを作成(第1図)
- ③②を調和解析し、推算潮位、毎時潮位偏差等を算出(使用調和定数、平均潮位は全期間を平均して算出)
- ④カルマンフィルターを用いて毎時潮位偏差から異常値と疑われるデータを抽出し、データ修正の要否を判断、異常データ抽出図を作成(第2図)
- ⑤海洋気象台で行った異常データ抽出図のチェックをもとに修正値を確定
- ⑥修正値を反映させたデータセットを作成

### 2.2 デジタル化した潮位データセットの構成とフォーマット

1996年までのデジタル化した潮位データの品質管理の過程で、原簿に記載された値が異常値や異常が疑われる値となっている例が多く見られたことや、過去からの統一的な解析には観測基準面等のシフト補正を施す必要があることから、原簿



第1図 観測基準面の変更等による潮位のデータシフト補正例(岩崎(青森県), 1972年廃止)  
 黒色: 今回の品質管理で補正したデータ, 灰色: 原簿に記載された元データ。



第2図 カルマンフィルターによる異常データ抽出の例 (1965年11月23～24日の布良の毎時潮位(上), 毎時潮位偏差(下))  
 黒色: 異常データを含んだ毎時潮位データ, 灰色: 天文潮.  
 黒色: 異常データを含んだ毎時潮位偏差, 灰色: 日平均潮位偏差.

に記載された値をそのままデジタル化した「オリジナルデータセット」と、品質管理を施した「QCデータセット」の2種類を作成した。

QCデータセットは、オリジナルデータセットから異常値、読取ミス、原簿記載ミス等と思われる値を補正したもので、補正した値と異常が疑われる値に対してフラグを付した。原簿に観測器械の器差(縮尺率)や補正値の記載がある値は補正等を行った。また、観測基準面の変更等によりデータシフトがあった値についても補正を行い、フラグを付した。フラグの割り当てを第1表に示す。利用者はフラグ情報から、オリジナルデータと併せて利用データを取捨選択することができる。

QCデータセットのデータフォーマットは、これまでのデータ形式とは別に、一つ一つの毎時潮位に対して、品質を示すフラグを付加して管理する形式とした。フォーマットはUNIX形式の1レコード24バイトとし、第2表のように定義する。

第1表 フラグの解説

フラグ	解説
0	正常
1	記載ミスの修正(客観的な指標を利用: 重大な修正)
2	記載ミスの修正(客観的な指標を利用: 軽微な修正)
3	記載ミスの修正(自記紙との照合による)
4	記録シフトの修正(原簿, 概報との突合せ)
5	記録シフトの修正(文献の記載を利用)
6	記録シフトの修正(平均潮位の差による補正)
7	記録シフト(修正不可)
8	記録の時刻ずれの修正
9	記録の時刻ずれの修正(内挿値)
A	異常値(導水管の詰まり, 修正不可)
B	異常値の修正(導水管の詰まり)
C	異常値(時計の遅速, 修正不可)
D	異常値の修正(時計の遅速)
E	異常値(その他, 修正不可)
F	異常値と疑われる値
G	推定値

第2表 QCデータセットフォーマット

yyyymmddhhSSΔccccΔffff(LF)
yyyy: 西暦年, mm: 月, dd: 日, hh: 時刻, SS: 地点記号, cccc: 潮位, ffff: フラグ, Δ: スペース

### 2.3 デジタル化した潮位データの再解析

まず、QC データセットから毎時潮位と満干潮位・時刻のファイルを作成するため、データ解析に適さない「7」「A」「C」「E」「F」のフラグが付いたデータを除いた。

次に、この毎時潮位データを用いて調和解析して、推算潮位算出に必要な調和定数を求めた。この調和定数を、西暦の末尾が1又は6の年から始まる10年間で平均し、同10年間の期間終了3年後から5年間の推算潮位算出に使用した。この手法は潮汐観測業務の潮位データ処理の中で行っている手法と同じである。また、ある年の平均潮位を、当該年の6年前から2年前の5年間にわたる各月平均潮位の平均値と定義する。例えば、2011年の平均潮位は、2005年から2009年の毎時潮位を月ごとに平均して求めた月平均潮位の平均値として求められる。この平均潮位を用いて、当該年

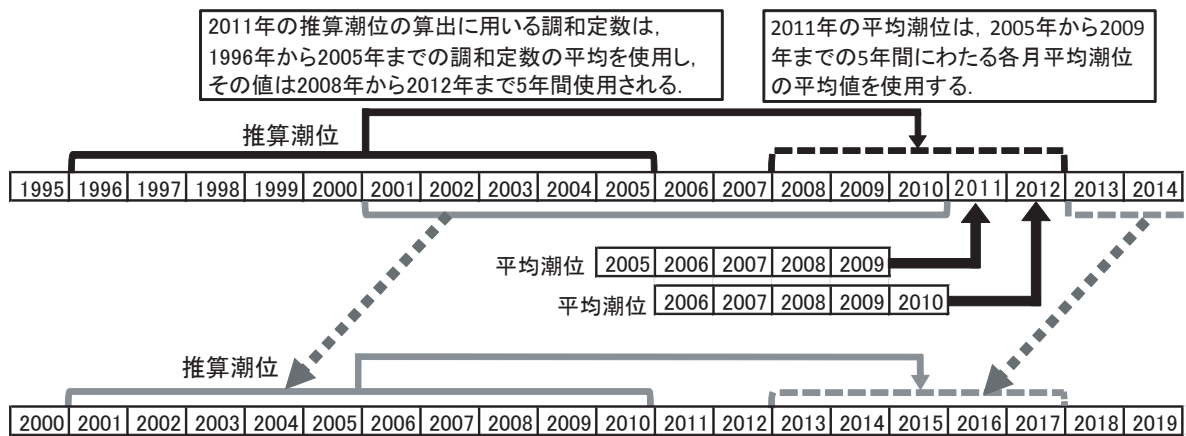
の推算潮位を潮位表基準面上の値から観測基準面上の値に変換し、これにより毎時潮位から推算潮位を差し引くことで毎時潮位偏差を算出した（第3図）。

なお、観測開始時の調和定数及び月平均潮位は、最初の算出期間の値を観測開始まで遡って使用することとした。

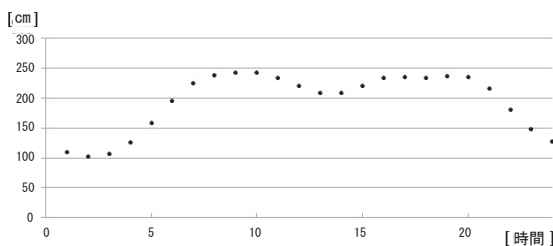
以上により得られた毎時潮位、毎時潮位偏差等のデータを再解析データセットとした。

### 2.4 毎時潮位からの満干潮位・時刻の算出

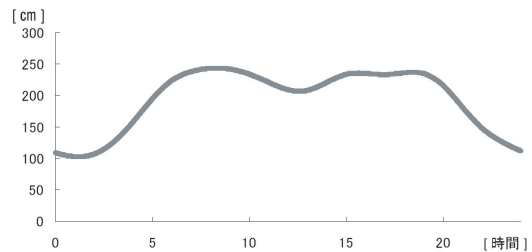
原簿に記載されているデータのうち、満干潮位・時刻についてはデジタル化されていないため、デジタル化した毎時潮位から、ベッセル補間（気象庁、1999）により毎15秒潮位を算出し、（第4図、第5図）平滑化して満干潮位・時刻を算出した。この手法により満干潮位・時刻の精度を検証する



第3図 推算潮位と潮位偏差の算出期間



第4図 毎時潮位時系列



第5図 第4図の毎時潮位をベッセル補間した毎15秒潮位時系列

ため、2006～2007年の2年間について、推定値と実測15秒潮位から算出した満干潮位・時刻を比較し、その誤差(RMSE)を第3表に示す。この結果、どの海域においても潮位の誤差は1cm以内であった。また、時刻の誤差については、日本海側など海域によっては10分前後のところがあるが、おおむね4分以内だった。特に潮位の誤差は小さく、過去の高潮観測表作成など歴史的記録の整理に十分利用できると思われる。

### 2.5 高潮の再現期間

気象庁は、平成18年度から気象統計資料の一つとして、「〇年に一度の大雨」などの確率量(再現期間)を、異常気象リスクマップ(気象庁、2006)という形で公開している。一方、潮位に関係する分野では、過去最高潮位や大潮期間の満潮位などの極値が用いられており、再現期間は用いられていない。これは、安定した計算結果を得るには観測データが十分でないことが背景にある。

今回、長期間にわたる再解析潮位データが整備されたことから、毎時潮位偏差から求めた年最大潮位偏差について、高潮(潮位偏差)の再現期間を算出した。

具体的な解析は、降水量の再現期間を推定した小林(2006)を参考に、以下の方法で行った。

年最大潮位偏差を確率変数とし、頻度分布が特定の確率密度関数  $f(x)$  に従うとすれば、 $f(x)$  の累積分布関数  $F(x)$  から、潮位偏差  $x$  の再現期間  $T$  は、

$$T=1/(1-F(x))$$

により得られる。

第3表 各海域の代表地点における満干潮位・時刻の誤差(2006年～2007年のRMSE)

海域	地点	誤差(2006～2007年のRMSE)			
		満潮位 (cm)	干潮位 (cm)	満潮時刻 (分)	干潮時刻 (分)
北海道～東北地方太平洋側、 関東地方、伊豆諸島	釧路	0.38	0.39	3.56	3.55
東海	串本	0.40	0.41	2.49	2.62
大阪湾	大阪	0.55	0.57	6.44	5.82
瀬戸内海	松山	0.44	0.42	1.21	1.43
九州南部～南西諸島	油津	0.42	0.41	2.26	2.21
有明海	口之津	0.46	0.46	1.36	1.38
日本海側	能登	0.27	0.28	10.17	9.30

極値統計学によれば、データ数が十分に大きなデータセットの最大値の確率分布は極値分布で近似できるとされる。代表的な分布形として、グンベル分布、一般化極値分布、平方根指数型最大値分布などが挙げられる。観測データからプロットイングポジション公式(経験式)を用いて頻度分布を求め、この分布との適合度を評価する指標(SLSC:標準最小二乗基準)が最も小さくなる分布形を最適分布形とした。本算出では、多くの分布形によく適合するカナンプロットを用いた。

### 3. 各海洋气象台による調査

#### 3.1 概要

高潮の発生状況は海域により大きく異なることが知られている。北海道及び尻屋崎以西の青森県沿岸や、秋田県以南の東北から山陰にいたる日本海沿岸では、高潮災害が少ない。一方、関東地方や伊豆大島・父島、伊勢湾や大阪湾、瀬戸内海、九州・沖縄地方沿岸では、台風や発達した低気圧などにより顕著な高潮災害が多数発生している。

高潮災害が少ない地域では、これまで高潮の発生頻度や発現時期等の調査が十分に行われていないことに加えて、災害が多い地域でも、1960年代以前の高潮の記録の多くは主観的な手法でまとめられ、潮位偏差の計算の元となる推算潮位も計算手法や解析精度が異なるものが用いられていた。

このため、気象庁所管の各検潮所における、1996年以前の再解析データと1997年から2008年までの潮汐観測業務の潮位データ処理で作成・蓄積されたデータを利用して、海域ごとに高潮の頻度や発生状況、代表事例などの調査を行った。地点によっては、地盤変動により潮位偏差が大きい状態となっている期間があり、その期間を除いた。なお、ここで「高潮」とは、毎時潮位偏差の最大値が50cm以上の事例を対象とした。

### 3.2 調査結果

#### 3.2.1 函館海洋気象台管内の高潮の特徴

##### 3.2.1.1 対象地域

函館海洋気象台管内には、第6図に示す7地点の検潮所（稚内、網走、花咲、釧路、函館、岩崎、深浦）があるが、このうち、地盤変動の影響が見られる花咲は解析から除外した。第4表に、各地点の調査期間を示す。

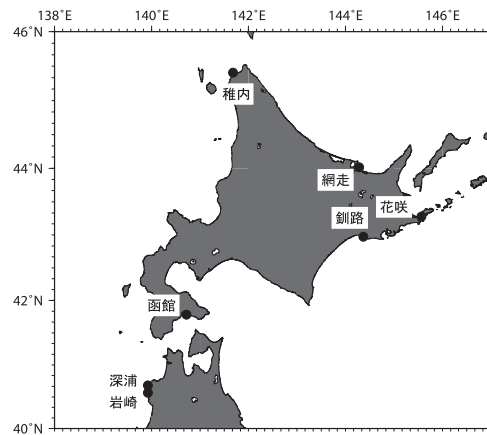
##### 3.2.1.2 高潮

1972年に観測が終了した岩崎検潮所では、最大毎時潮位偏差100cmを超える高潮事例が見られた。しかし、その他の検潮所においては、毎時潮位偏差100cmを超える高潮は見られず、最大でも80cm程度である。

高潮の発生しやすい季節を調査するため、3～5月を春季、6～8月を夏季、9～11月を秋季、12～2月を冬季として高潮事例の季節別回数を比較した（第7図）。各地点ともおおむね秋季から冬季にかけて多く、夏季には少ない。特に6月と7月には高潮事例は見られなかった。

高潮をもたらした気象要因を過去の実況天気図を用いて調査した結果、低気圧によるものが最も多かった（第8図）。北海道南部（函館）、青森県（岩崎、深浦）では台風の影響によるものが、北海道北部・東部（稚内・釧路）では、台風から変わった低気圧による事例が見られた。

さらに、高潮が起こりやすい気象状況を把握するために、高潮をもたらした台風及び低気圧の進路パターン（第9図）について調査した。その結果、稚内においては、日本海を北東進し、宗谷海峡からサハリン南部を通過してオホーツク海に進むケースが多く、網走、釧路においては、秋季から春季にかけて、日本海又は三陸沖から北東進した低気圧が北海道東方海上で停滞し高潮が多く発生している。また、函館や深浦では、発達中の低気圧が日本海を東進する時に発生するケースが最も多く、夏季から秋季にかけては日本海を北上する台風によって高潮となるケースも見られた。これらの結果は、Isozaki (1968, 1969) の研究とも一致している。



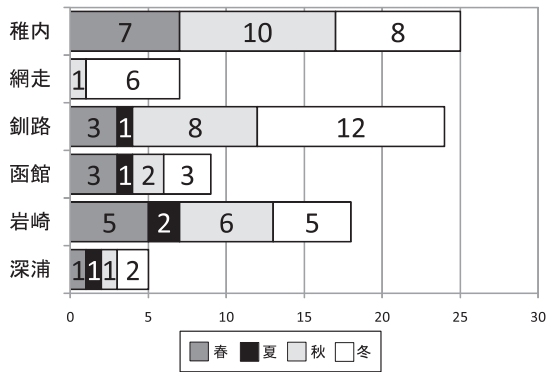
第6図 函館海洋気象台管内の歴史的潮位データの調査地点

第4表 函館海洋気象台管内の調査地点と調査期間

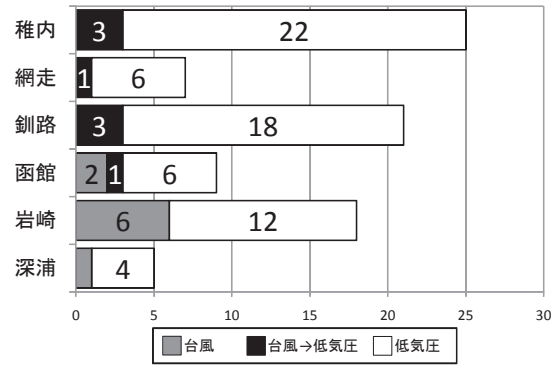
地点名	解析対象期間	一部除外した期間
稚内	1955年1月～2008年12月	
網走	1957年1月～2008年12月	1965年12月～1966年5月 1966年7月～9月 1967年10月～12月 1970年11月～1971年4月 1972年4月
釧路	1946年1月～2008年12月	1952年4月～6月 1958年6月～9月 1959年3月～5月 1982年9月
函館	1961年1月～2008年12月	1976年8月～9月
岩崎	1925年1月～1970年12月	1927年4月～6月
深浦	1972年1月～2008年12月	

##### 3.2.1.3 高潮の再現期間

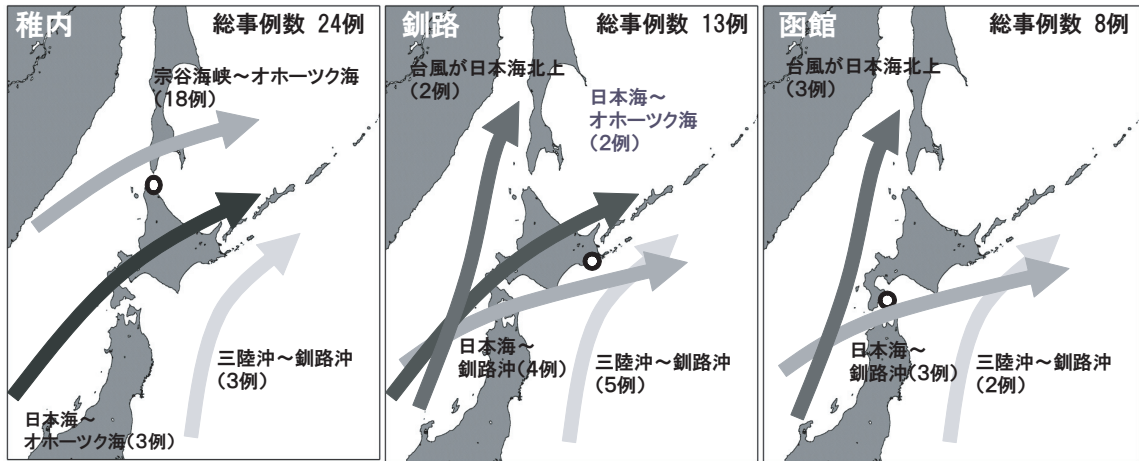
50cm以上の高潮の10年あたりの平均発生回数（第5表）は、多いところで4回程度となっている。高潮の発生頻度を示す再現期間（第6表）は、各地点において10年以内となっているが、毎時潮位偏差の最大値が80cm以上の高潮では、岩崎と釧路を除いて100年以上であり、函館海洋気象台管内ではかなりまれな現象だといえる（第10図）。



第7図 函館海洋気象台管内における毎時潮位偏差の最大値が50cm以上の高潮事例の季節別回数



第8図 函館海洋気象台管内における高潮事例要因別回数



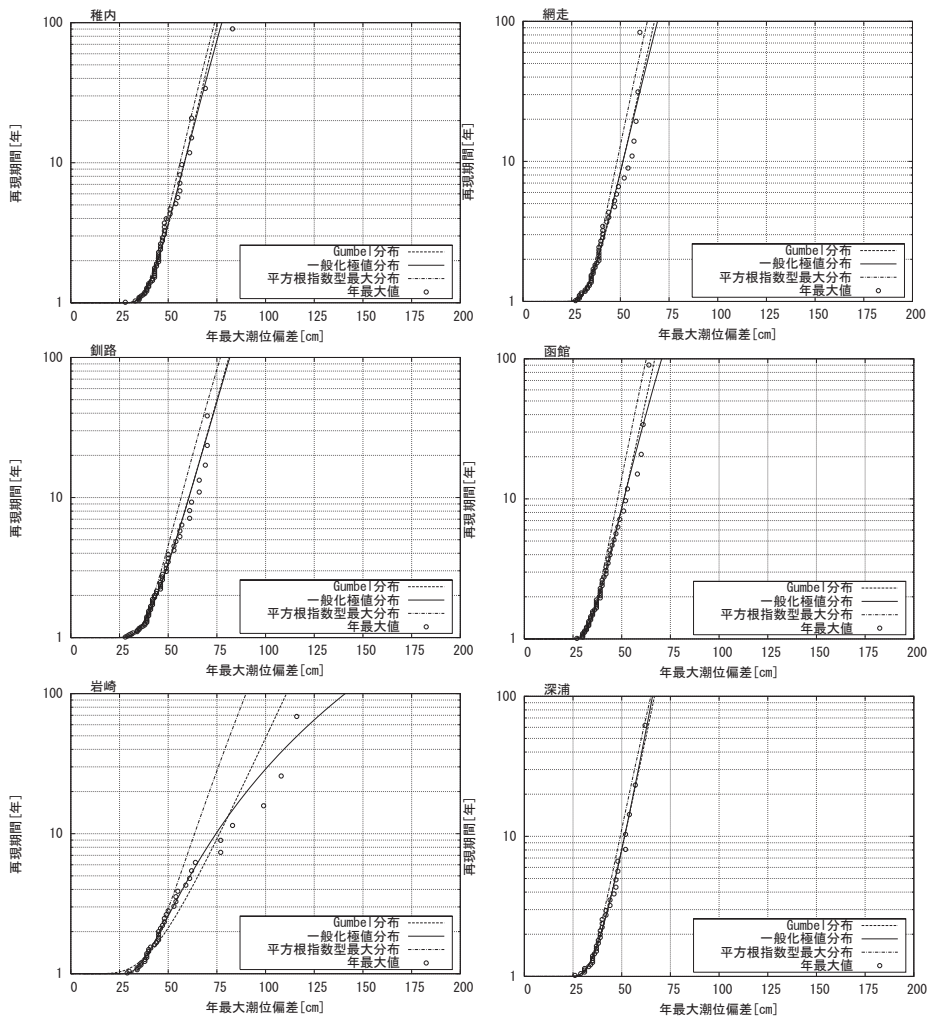
第9図 高潮をもたらした台風と低気圧の進路パターン

第5表 函館海洋気象台管内における最大潮位偏差50cm以上の高潮事例、10年あたりの平均発生回数

地点	平均発生回数
稚内	4.2
網走	1.3
釧路	3.8
函館	1.7
岩崎	3.9
深浦	1.4

第6表 函館海洋気象台管内における高潮再現期間

地点	最大潮位偏差再現期間		統計期間
	潮位偏差50cm	潮位偏差80cm	
稚内	4年	100年以上	1955-2008
網走	7年	100年以上	1957-2008
釧路	3年	40年	1947-2008
函館	9年	100年以上	1955-2008
岩崎	2年	10年	1926-1941, 1946-1970
深浦	9年	100年以上	1972-2008



第 10 図 函館海洋気象台管内の高潮再現期間プロット図

検潮所によって、最適な分布形が異なるため Gumbel 分布，一般化極値分布，平方根指数型最大値分布の 3 つの分布形を提示した。縦軸は再現期間（年），横軸は年最大潮位偏差（cm）。

### 3.2.1.4 まとめ

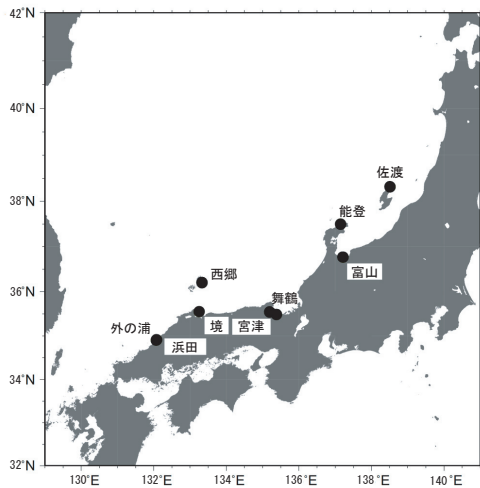
函館海洋気象台管内においては、高潮は低気圧が発達しながら通過する秋季から春季に発生しやすく、夏季から秋季においては、台風又は台風から変わった低気圧により高潮が発生する事例が見られた。特に釧路・根室地方では、発達した低気圧が北海道東方沖に停滞することが多い冬季に、最も高潮の事例が多い。また、高潮の再現期間を算出したところ、80cm を超える高潮は函館海洋気象台管内ではかなりまれな現象といえる結果となった。

### 3.2.2 舞鶴海洋気象台管内の高潮の特徴

#### 3.2.2.1 対象地域

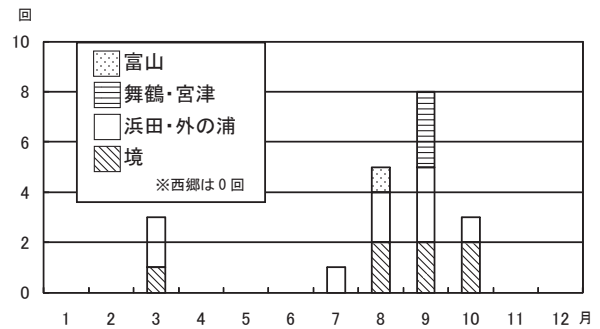
日本海沿岸に設置されている各地の検潮所のうち、再解析データがある浜田，境，西郷，舞鶴，富山（第 11 図）について調査した。第 7 表に、各地点のデータ期間（欠測期間を考慮しないもの）を示す。なお、調査を行った検潮所のうち浜田は 1984 年 4 月に外の浦から、舞鶴は 1968 年 4 月に宮津からそれぞれ移転しており、統計接続して調査した。





第11図 舞鶴海洋気象台管内の歴史的潮位データの調査地点

外の浦から浜田へ、宮津から舞鶴にそれぞれ検潮所が移設されている。



第12図 最大潮位偏差50cm以上の高潮事例の月別回数

第7表 舞鶴海洋気象台管内の調査地点と調査期間

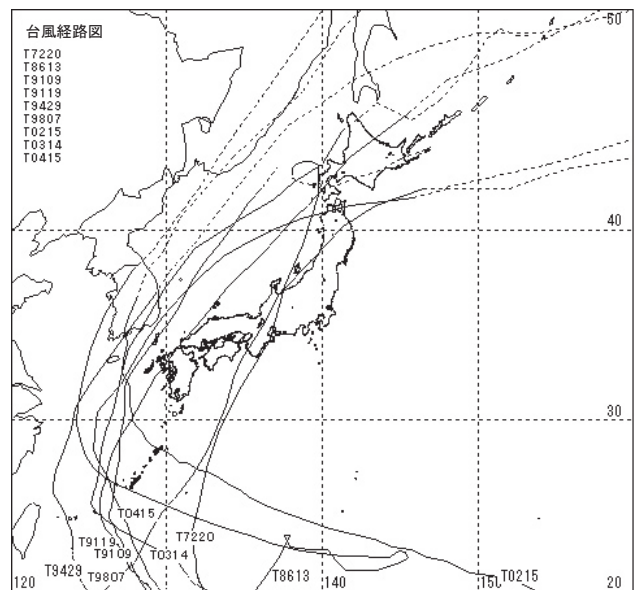
調査地点		データ期間
富山県	富山	1967年5月-2008年12月
京都府	宮津	1946年10月-1968年12月
	舞鶴	1969年1月-2008年12月
鳥取県	境	1924年12月-2008年12月
島根県	西郷	1958年7月-2008年12月
	外の浦	1924年12月-1984年2月
	浜田	1984年3月-2008年12月

### 3.2.2.2 高潮

日本海沿岸の高潮は、調査期間中において20事例あった(第12図)。地域別で見ると浜田、境での発生が目立つものの事例数は全体的に少ない。月別に見ると台風シーズンの8~10月が、事例数が最も多く、その後に3月、7月と続いている。

高潮の要因としては、7~9月に発生した14事例については、台風又は台風から変わった低気圧の影響によるものであった。

10月の事例では日本海を通過した低気圧によるものが2事例と台風によるものが1事例であった。3月の事例は日本海に中心を持つ低気圧によるものであった。日本海沿岸に高潮を引き起こした台風経路図を第13図、事例・特徴のまとめを第8表に示す。



第13図 日本海沿岸の観測点において最大潮位偏差50cm以上の高潮を記録した台風経路  
実線は台風時、破線は低気圧となった後の経路。

第 8 表 日本海沿岸の観測点における最大潮位偏差 50cm 以上を記録した事例の最高潮位記録日時・観測点・主な要因・低気圧 (L) が最接近した際の気圧・台風最接近時間・要因の移動についての一覧

最高潮位記録日時	高潮発生観測点	地点数	主な原因	最低気圧起時 - 最高潮位起時	台風・低気圧が最接近した時の気圧	台風最接近時	要素の移動
1964/03/27 23h	浜田	1	二つ玉L・秋田沖にL停滞	2h	972	-	二つ玉通過
1968/10/25 22h	境	1	隠岐付近のL停滞	7h	986	-	日本海L通過
1972/09/16 21h	舞鶴	1	T7220	-2h	960	1972/09/16 21h	台風琵琶湖付近通過
1979/03/30 18h	浜田	1	発達中の日本海L	3h	966	-	日本海L通過
1980/10/26 07h	境	1	二つ玉L	16h	976	-	二つ玉通過
1986/08/29 07h	浜田・境	2	T8613	13h(浜田), 12h(境)	975	1986/08/28 21h	台風日本海北部を北東進
1991/07/30 07h	浜田	1	T9109	12h	965	1991/07/29 21h	台風日本海北部を北東進
1991/09/27 21h	浜田	1	T9119	1h	945	1991/09/27 21h	台風検潮所近傍通過
1994/10/12 16h	浜田・境	2	T9429	7h(浜田), 9h(境)	985	1994/10/12 09h	台風日本海北部を北東進
1998/09/22 15h	舞鶴	1	T9807	0h	975	1998/09/22 15h	台風琵琶湖付近通過
2002/09/01 11h	浜田・境	2	T0215	12h(浜田), 9h(境)	992	2002/09/01 09h	台風日本海北部を北東進
2003/09/13 21h	浜田・境	2	T0314	7h(浜田), 15h(境)	970	2003/09/13 03h	台風日本海北部を北東進
2004/08/20 01h	浜田・境・富山	3	T0415	9h(浜田), 12h(境), 23h(富山)	970	2004/08/19 09h	台風日本海北部を北東進
2007/03/05 15h	境	1	沿海州のL	10h	986	-	沿海州L北東進
合計		20					

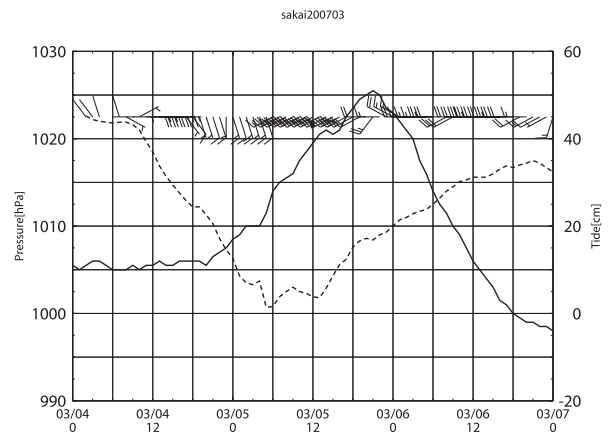
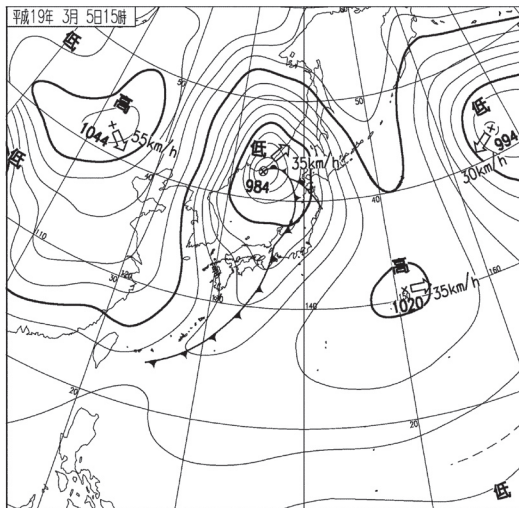
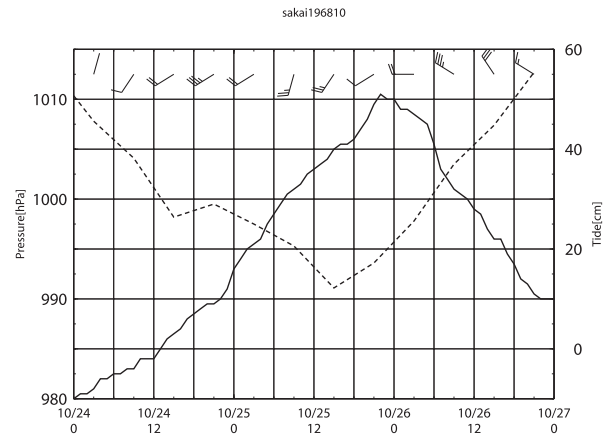
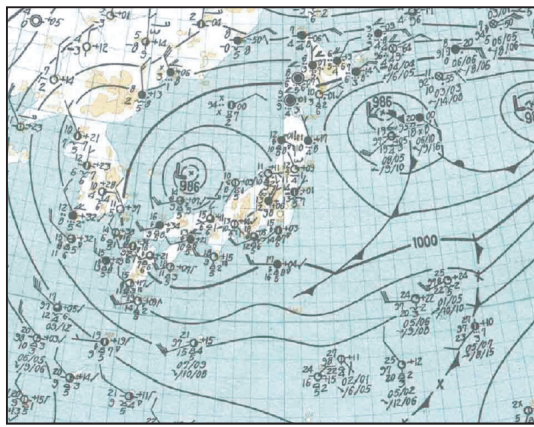
台風が接近した 1998 年台風第 7 号 (以下, 台風 9807 号と記す, ほかの台風も同様に記す) の事例について見ると, 台風が舞鶴の南東側を通過した際に, 高潮が観測された. 最低気圧起時から最大潮位偏差となるまでの時間差は, 台風 7220 号の事例の際もほぼ同じで, 伊勢湾から琵琶湖付近を台風中心が通過した場合の高潮発生の主因は気圧低下による吸い上げ効果によるものと考えられる.

浜田, 境で高潮が起きた事例は 4 事例ずつあり, いずれも台風が朝鮮半島から対馬海峡を通過し, 日本海を北東進していた. その際の台風の中心気圧は 965 ~ 980hPa 程度で, 高潮が発生した際の台風の位置は日本海中部西方が最も多かった. 気圧低下による吸い上げ効果は, 気圧 1hPa の低下に対し潮位が 1cm 上昇すると見積もられており, 吸い上げ効果のみではこれらの事例の潮位上昇を説明することが出来ない. このことから, 気圧低下による吸い上げ効果だけでなく, 南西寄りの風によるエクマン輸送の効果による寄与もあったと考えられる.

また, 上記の事例では台風の中心が日本海中部

西方に位置するときに高潮が発生していたが, 台風 9119 号での高潮は台風を中心付近において発生した. 1991 年 9 月 27 日 20 ~ 21 時に 945hPa で浜田付近を通過したときが浜田での最大潮位偏差となり, 77cm を記録した. 台風通過前の 18 時には正偏差が 20cm 未満であったことや, その他の地点・時間帯では 50cm 以上の潮位偏差を記録する観測点がなかったことなどから, 台風中心付近における吸い上げ効果が顕著に現れた事例であることが推察される.

低気圧による高潮は 5 事例あった (第 8 表). いずれも発達した低気圧が日本海を通過若しくは停滞し, 南西風が継続していた. これらの事例では, 最低気圧の起時から最大潮位偏差の起時までの時間は 2 ~ 16 時間であり, 南西風が継続していたことから, 気圧低下による吸い上げ効果よりも, 南西風によるエクマン輸送の効果が大きかったと考えられる. このうちの 2 事例を第 14 図に示す. 1968 年の事例は低気圧が日本海にしばらく停滞したために起きた事例である. 2007 年の事例は発達中の前線を伴った低気圧が日本海を通過した際に起きた事例である.



第14図 低気圧による高潮発生事例

(左上) 1968年10月25日21時JSTの地上天気図、(右上) 低気圧接近時における当時の境測候所の海面気圧、風向風速、境検潮所における潮位偏差のグラフ、(左下) 2007年3月5日15時JSTの地上天気図、(右下) 低気圧接近時における当時の境測候所の海面気圧、風向風速、境検潮所における潮位偏差のグラフ。なお、海面気圧は(左軸・破線)、風の矢羽は長羽:2m/s、短羽:1m/s、検潮所の潮位偏差(右軸・実線)で表す。

### 3.2.2.3 高潮の再現期間

日本海沿岸で発生した 20 事例をもとに、高潮再現期間を調査した結果、高潮が観測されたことのない西郷を除くと、浜田、境がそれぞれ、約 4 年、約 7 年に一度の現象であった。一方、舞鶴、富山ではそれぞれ約 25 年、約 60 年に一度起きる現象であることがわかった（第 15 図）。

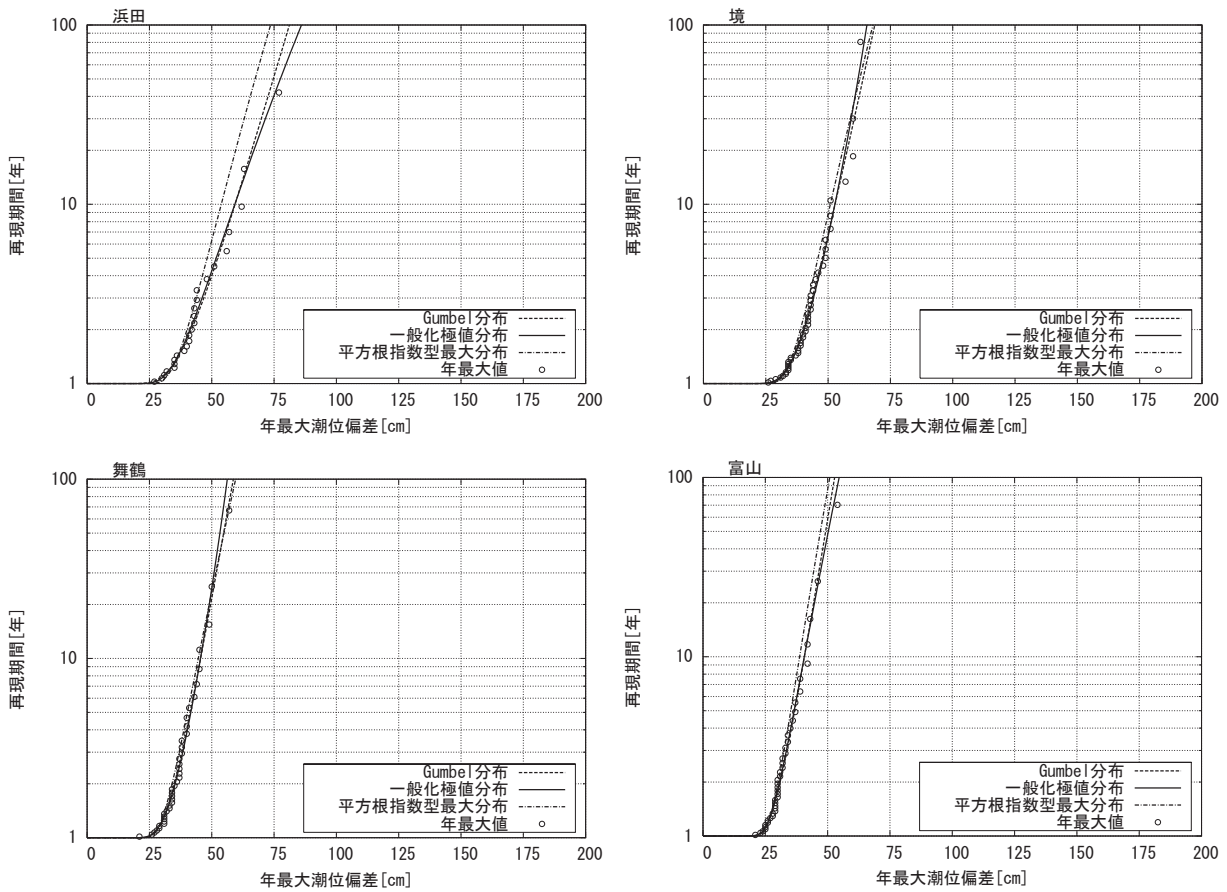
### 3.2.2.4 まとめ

日本海沿岸での高潮は台風や低気圧の接近・通

過で発生しており、その経路により発生要因は以下の 2 つに分けられる。

- ① 日本海を北東進する台風や低気圧に伴う南西風によるエクマン輸送。
- ② 中心示度の低い台風の接近による吸い上げ効果。

また、高潮の再現期間を算出したところ、高潮は浜田、境でそれぞれ約 4 年、約 7 年に一度の現象だったのに対し、舞鶴、富山では発生しにくい結果となった。



第 15 図 舞鶴海洋気象台管内の高潮再現期間プロット図

検潮所によって、最適な分布形が異なるため Gumbel 分布、一般化極値分布、平方根指数型最大値分布の 3 つの分布形を提示した。縦軸は再現期間（年）、横軸は年最大潮位偏差（cm）。

### 3.2.3 気象庁本庁管内の高潮の特徴

#### 3.2.3.1 対象地域

第16図に示す、東北地方太平洋側、関東地方、伊豆大島、父島の各地の検潮所について調査した。第17図に、各地点の調査期間を示す。

#### 3.2.3.2 高潮

各地点において高潮の事例を抽出し、海域ごとの特性をまとめた。

##### 3.2.3.2.1 東北地方太平洋側沿岸の特性

東北地方太平洋側の5地点のうち、八戸の高潮の事例数は24事例であったのに対し、宮古、大船渡、鮎川、小名浜は5～8事例であった。八戸と宮古では利用可能なデータ期間がほぼ同じだが、八戸で高潮となった事例のうち、宮古では高潮とならなかった事例が18事例あった。

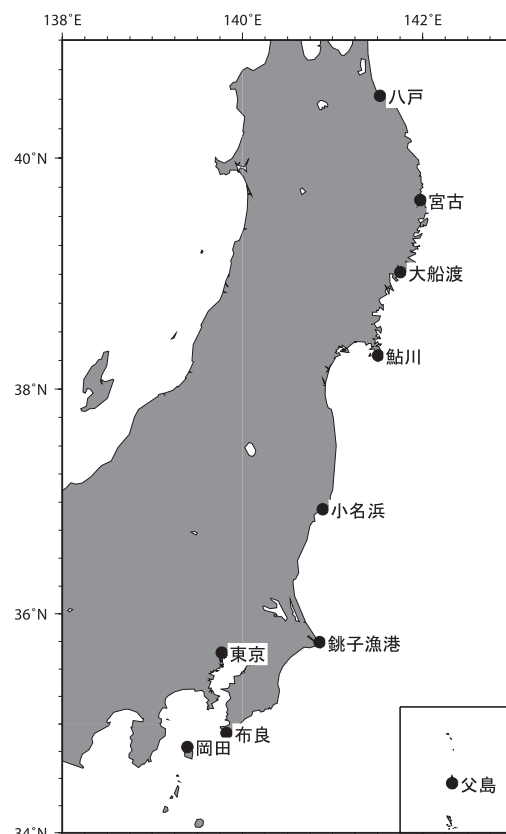
月別の事例数は、八戸では1, 2, 9月が多かった。また、宮古は1～2月に多く、小名浜は9～10月に多い傾向が見られた。また、5地点ともに、3～6月に発生した事例はなかった(第18図)。

高潮の要因としては、八戸では約7割が低気圧によるものであったが、毎時潮位偏差の最大値が80cm以上の事例に絞ると5事例中3事例が台風通過前後に発生しており、台風通過後の北寄りの風により最大値を記録したと考えられる事例が見られた。

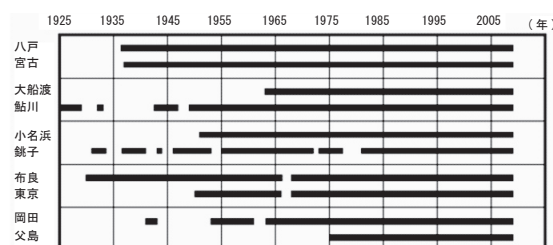
##### 3.2.3.2.2 関東地方沿岸の特性

関東地方沿岸の高潮の事例は、東京で72事例、布良で42事例、銚子漁港で44事例あった。月別の事例数では3地点とも8～10月の台風シーズンに多く、東京では3, 4月も多かった(第19図)。高潮の要因としては、東京と銚子漁港では台風(台風から低気圧に変わったものを含む)と低気圧の割合が同程度となったが、布良では大半が台風による高潮だった。毎時潮位偏差の最大値が80cm以上の事例に絞ると、東京でも大半が台風による高潮であった。銚子漁港は、80cm以上の高潮は2例のみだった(第20図)。

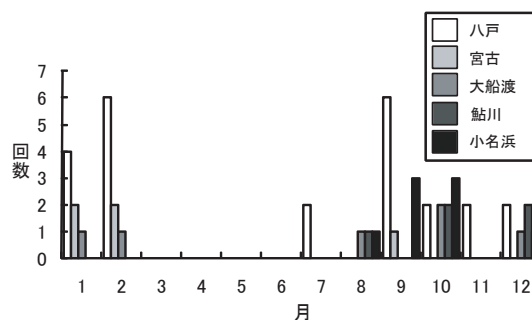
台風によって東京で発生した高潮のうち、毎時潮位偏差の最大値が80cm以上の事例では、台風



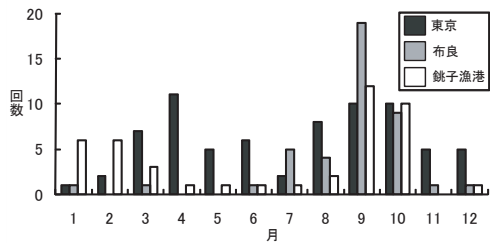
第16図 気象庁本庁管内の歴史的潮位データの調査地点



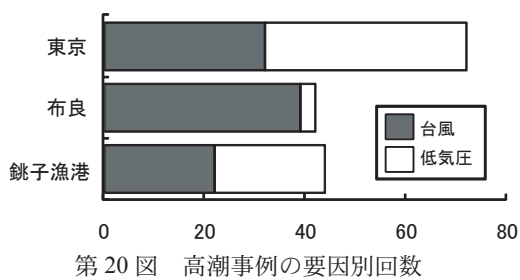
第17図 気象庁本庁管内の調査地点と調査期間(1年未満の欠測は省略)



第18図 最大潮位偏差50cm以上の高潮事例の月別回数(東北太平洋側沿岸)



第 19 図 最大潮位偏差 50cm 以上の高潮事例の月別回数 (関東地方沿岸)

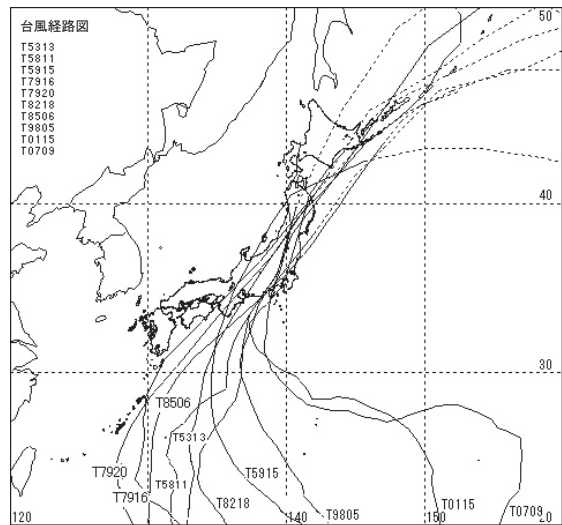


第 20 図 高潮事例の要因別回数

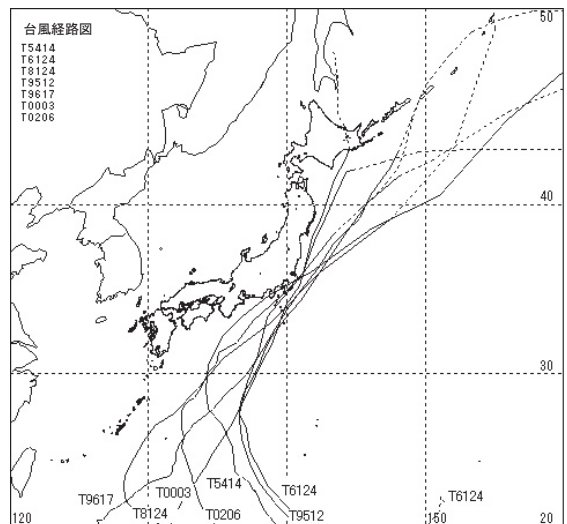
は全て東京湾の西側を通過していた (第 21 図). 50cm 以上 80cm 未満の事例でも, 1 事例を除いて台風が東京湾よりも東側を通過した事例はなかった (図略).

また, 布良で台風による高潮が発生した事例のうち, 東京で毎時潮位偏差の最大値が 50cm 未満だった事例は, 全て台風が東京湾よりも東側を通過していた (第 22 図). これらの事例の中には, 布良で潮位偏差が増加したのとほぼ同時刻に, 東京では潮位偏差が急激に減少している事例も何例も見られた. これは, 台風が東京湾よりも東側を通過したことにより, 気圧や風の影響で東京湾奥から湾外へ向かって海水が運ばれたためと考えられる.

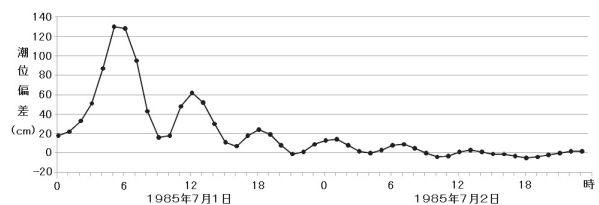
高潮発生時の東京の潮位偏差の時間変化を見ると, 6~7 時間程度の周期で潮位偏差の増減が数回繰り返される副振動が全体の 8 割以上 (59 事例) で見られた. これは台風に限らず低気圧による高潮の事例でも見られた. このうち, 毎時潮位偏差の最大値が最も大きかった事例について, 毎時潮位偏差時系列を第 23 図に示す.



第 21 図 東京の最大潮位偏差 80cm 以上の台風経路



第 22 図 最大潮位偏差が布良で 50cm 以上, 東京で 50cm 未満の事例の台風経路



第 23 図 東京の高潮事例の毎時潮位偏差時系列 (最大潮位偏差が最も大きかった事例)

### 3.2.3.2.3 伊豆大島、父島の特性

東京の離島での高潮の事例は、岡田で7事例、父島で9事例あったが、全て台風によるものだった。

父島の事例は、全て台風が父島付近を通過したことによるものだったが、岡田の事例では、伊豆大島付近を通過するコース以外に、伊勢湾付近に上陸し、中部地方を通過して東北太平洋側へ抜ける経路が2事例あった(第24図)。このうち台風7920号は大型で暴風域が広く、大島で10月19日14時に最大風速26m/sを観測した。このため岡田では、同日16時に毎時潮位偏差が最大となり、顕著な高潮が発生した。また、台風5313号では、潮位偏差が50cm以上となったが、前後の期間で継続して高い潮位偏差を観測しており、黒潮流路の影響があったものと考えられる。

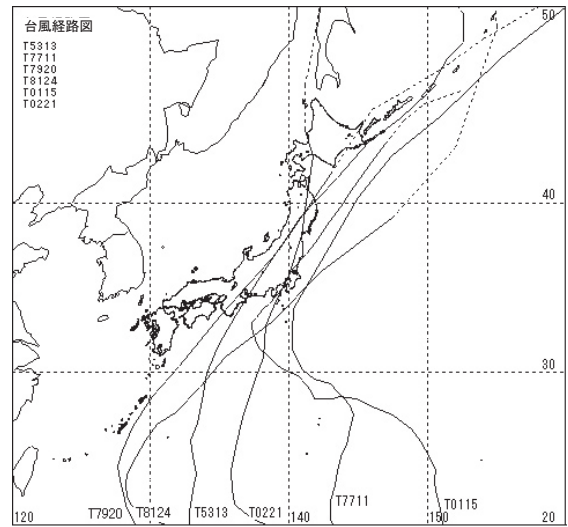
### 3.2.3.3 高潮の再現期間

東北地方太平洋側から関東地方にかけての各地点の高潮再現期間を算出したところ、東京がほかの地点と比較して潮位偏差が大きくなる確率が高いことが示された(第25図)。また、八戸以外の東北地方太平洋側の4地点では潮位偏差が大きくなりやすかった。

個々の地点について詳しく見ると、高潮再現期間から、東京では10年に一度の割合で潮位偏差が100cm程度の高潮が発生する計算結果となった。布良で潮位偏差が100cm程度の高潮が発生する頻度は約30年に一度、80cm程度の高潮は約10年に一度となった。これに対し、宮古、大船渡、鮎川、小名浜、岡田、父島では、100cm程度の高潮の再現期間が100年以上となっており、宮古や大船渡では50cm程度の高潮でも10年以上に一度となった。

八戸と銚子漁港は、地盤変動の影響が大きいため数値としては挙げないが、八戸はほかの東北地方太平洋側の地点と比較して高潮の頻度が高く、銚子漁港は50cm程度の高潮の頻度は高いが100cmの高潮の頻度はかなり低いという傾向があった。

また、各地点の年最大潮位偏差の長期的な変化については、明瞭な傾向は見られなかった。

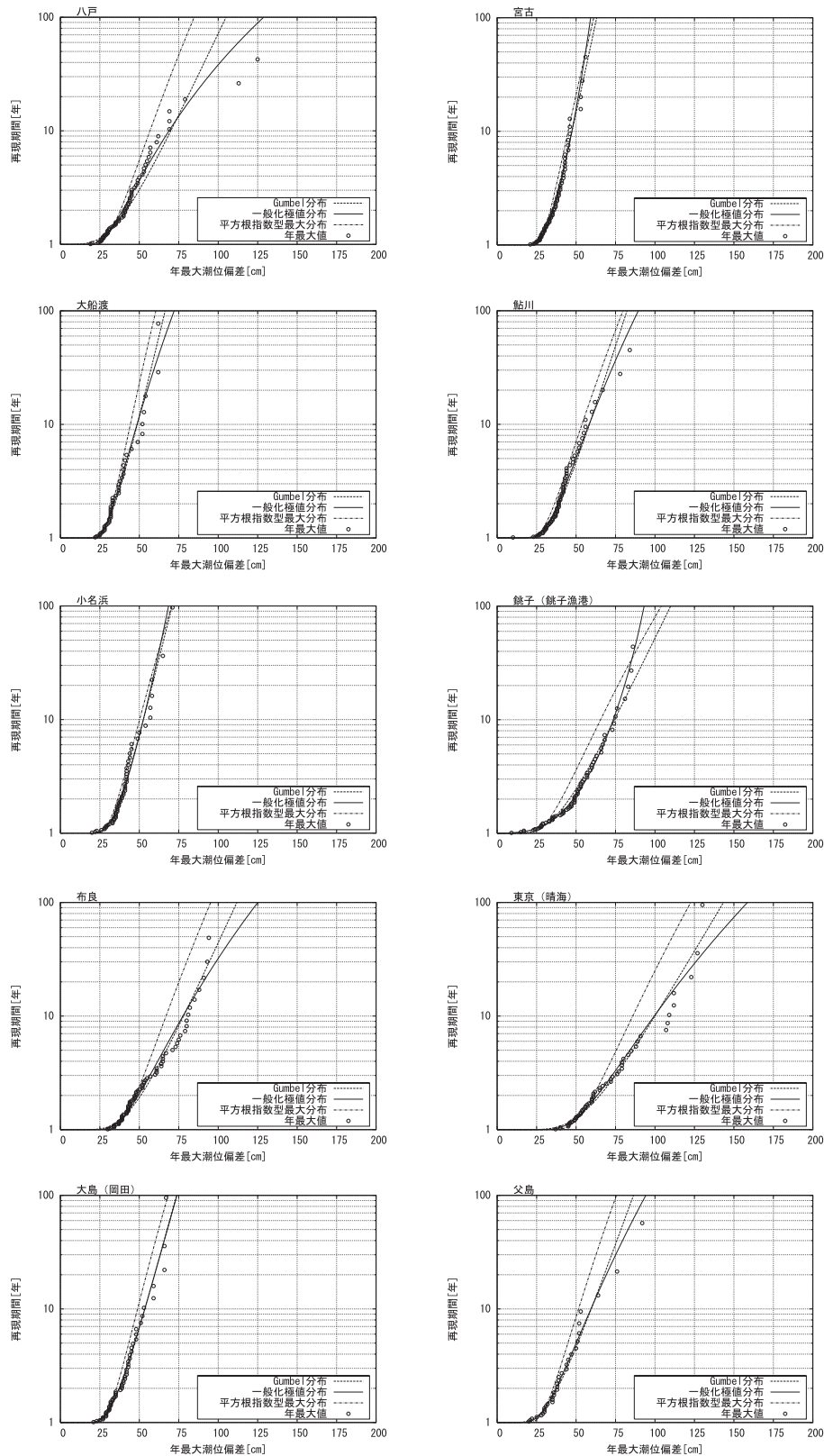


第24図 岡田の最大潮位偏差50cm以上の事例の台風経路(台風経路データの無い1941年の1事例を除く)

### 3.2.3.4 まとめ

東北地方太平洋側については、潮位偏差の大きな高潮は、八戸で発生することが多く、その7割が低気圧により発生していた。その他の地点は潮位偏差が大きくなりやすかった。関東地方沿岸では、高潮は台風シーズンに多く、台風が東京湾の西を通過するコースでは東京で顕著な高潮が発生し、東京湾の東を通過するコースでは布良の潮位偏差の方が大きくなる傾向があった。東京では、高潮が発生したときには副振動が1日程度続くことが確かめられた。伊豆大島・父島の高潮は全て台風による事例で、そのほとんどが台風の接近により発生していた。

高潮の再現期間については、八戸、銚子漁港、東京を除く地点で高潮発生時の再現期間が長いことがわかった。また特に東京では、100cm以上の高潮が10年に一度発生する結果となった。



第 25 図 気象庁本庁管内の高潮再現期間プロット図

検潮所によって、最適な分布形が異なるため、Gumbel 分布，一般化極値分布，平方根指数型最大値分布のそれぞれの分布形を提示した。縦軸は再現期間（年），横軸は年最大潮位偏差（cm）。

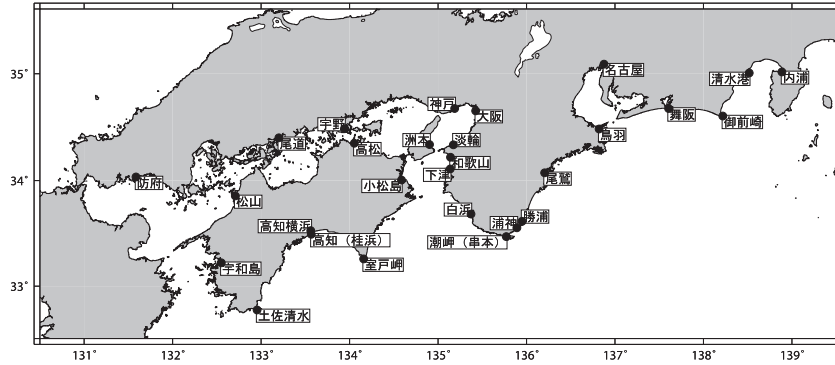


### 3.2.4 神戸海洋気象台管内の高潮の特徴

#### 3.2.4.1 対象地域

第26図に示す検潮所28地点について調査した。第9表に、各地点の調査期間を示す。なお、調査

を行った検潮所のうち白浜は1966年7月に下津から移転している。また高知横浜は、高知(桂浜)の導水管折損により一時的に使用したものである。



第26図 神戸海洋気象台管内の歴史的潮位データの調査地点

第9表 神戸海洋気象台管内の調査地点と調査期間

地点	データ期間	調査対象から除外した期間と要因/ 調査には使用したがデータの品質に問題があると思われる期間
内浦	1942.1-2008.12	
清水港	1951.5-2008.12	
御前崎	1951.8-2008.12	
舞阪	1933.11-2008.12	1937, 1954, 1960-1962(データの品質に問題がある可能性あり)
名古屋	1949.1-2008.12	
鳥羽	1965.1-2008.12	
尾鷲	1953.4-2008.12	
勝浦	1929.11-1937.7	
浦神	1938.4-2008.12	
潮岬(串本)	1961.1-2008.12	
下津	1926.5-1966.6	1946-1951(データの品質に問題がある可能性あり)
白浜	1966.7-2008.12	
和歌山	1949.5-2008.12	
淡輪	1935.1-2008.12	
大阪	1927.2-2008.12	1927-1969 地下水くみ上げ等による地盤変動
神戸	1925.12-2008.12	1995-1996 兵庫県南部地震による地盤変動
洲本	1937.1-2008.12	
宇野	1950.8-2008.12	1951 位相遅れ
防府	1963.10-1991.4	
尾道	1959.1-1961.11	
松山	1950.3-2008.12	
高松	1947.4-2008.12	
小松島	1950.11-2008.12	
室戸岬	1967.1-2008.12	
高知(桂浜)	1949.10-2008.12	1978-1979 導水管詰り
高知横浜	1980.8-1983.6	
土佐清水	1961.1-2008.12	
宇和島	1927.5-2008.12	

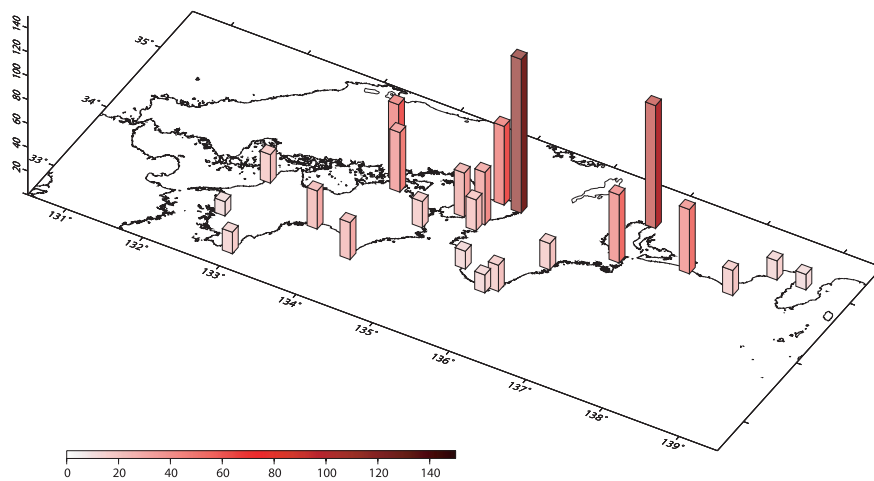
3.2.4.2 高潮

高潮事例の頻度をみるため、地盤沈下等の影響が少ないと考えられる1970～2008年の高潮事例数を第27図に示す。ただし、神戸は兵庫県南部地震による地盤変動の影響を受けている1995～1996年を除いた。

高潮の発生数は、大阪湾（大阪）と伊勢湾（名古屋）の湾奥では近隣の観測点に比較し2倍近く多い。また、瀬戸内海では大阪のほかに神戸、宇野、高松などで多い結果となった。

次に、駿河湾、伊勢湾、大阪湾、瀬戸内海、太平洋に面した海域に分類し、代表地点における高潮事例の要因や各月の発生回数などを調べた。その結果を第10表に示す。ここでは、高松、名古屋、内浦、潮岬は第9表に示した観測開始以来のデータを、大阪は地盤沈下による影響を除くため1970年以降のデータを使用し、神戸は1995～1996年のデータを除いた。

第10表から、潮岬、内浦では6～10月の台風による高潮がほとんどであるのに対し、大阪や名



第27図 神戸海洋気象台管内における1970年から2008年の毎時潮位偏差の最大値が50cm以上の高潮事例の回数

第10表 毎時潮位偏差の最大値が50cm以上となった高潮事例

要因の記号はT：台風，T→L：台風から低気圧に変わったもの，L：低気圧の通過又は接近を表す。

地点	回数	高潮事例の要因別回数(%)				月別
		T	T→L	L	その他	
大阪 (大阪湾)	129	45(35)	0	73(57)	11(8)	12-4月(L) 8-9月(T)
神戸 (大阪湾)	84	52(62)	0	28(33)	4(5)	8-9月(T)
高松 (瀬戸内海)	84	57(67)	0	24(29)	3(4)	8-9月(T)
名古屋 (伊勢湾)	181	84(46)	5(3)	81(45)	11(6)	8-10月(T) 年間(L)
内浦 (駿河湾)	17	13(76)	1(6)	3(18)	0	7-10月(T)
潮岬 (太平洋側)	21	21(100)	0	0	0	6-10月(T)

古屋のような湾奥では、台風だけでなく発達した低気圧の通過によっても高潮が発生していることが分かる。このことから、内湾の湾奥では、台風シーズンだけでなく年間を通じて顕著な高潮が発生する可能性があるといえる。

高潮の要因となった台風の経路については、駿河湾湾奥の内浦では、御前崎付近に上陸し駿河湾の西を通過するもの以外に、駿河湾の東を通過したものや日本に上陸せず房総半島沖を北東進したのものでも50cm以上の潮位偏差が発生している。伊勢湾湾奥の名古屋では、潮位偏差150cm以上の特に顕著な高潮は紀伊半島に上陸して日本海に抜ける経路の際に発生することが多く、潮位偏差100cm以上の高潮は、紀伊半島や四国に上陸し伊勢湾の西を通過する経路のほか、九州北東部、四国の西から広島を通り日本海に抜けた経路でも見られた。また、大阪や神戸においては、四国に上陸して大阪湾の西を通過し日本海に抜ける経路の際に発生することが多かった。九州から日本海に抜けた経路や大阪湾の東を通過した経路においても100cm以上の潮位偏差が発生した事例が見られた。瀬戸内海の高松では、九州、四国に上陸して日本海に抜ける経路が多い。潮岬では、紀伊半島上陸又は大阪湾を通過して北東に進む経路によるものが多い(第28図)。なお、調査した全て

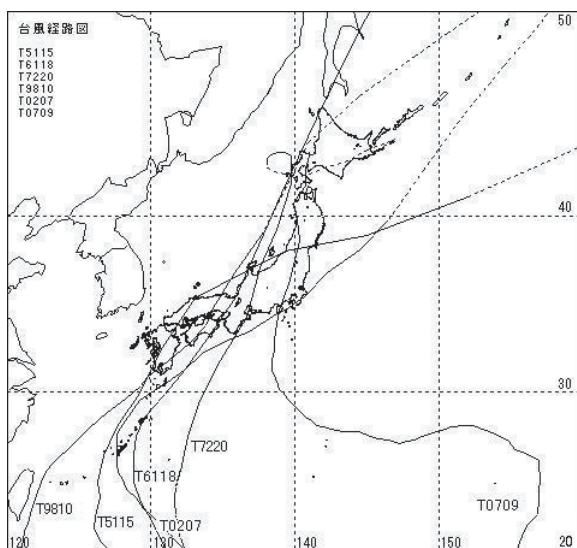
の地点で、台風の経路が離れていても50cm以上の潮位偏差が出現している。

台風や低気圧以外の高潮の要因としては、大阪、神戸、高松では日本南岸に停滞した前線や冬型の気圧配置によるものがあった。また、名古屋では1971年9月に日平均潮位偏差30cm以上が12日間続いた異常潮位期間に低気圧が接近した事例など、台風や低気圧以外の要因が加わったことによる高潮もあった。

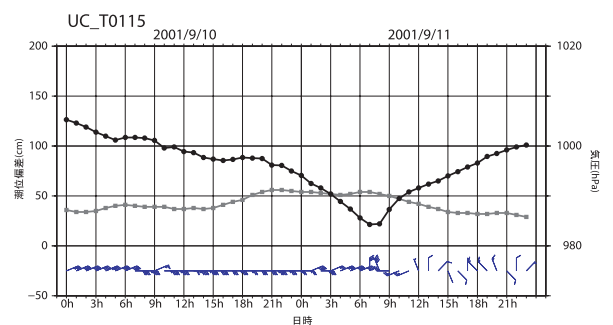
次に、分類した各海域別に潮位偏差の特徴や潮位偏差と気象状況(検潮所近傍の気象官署等の気象データを使用)との関係などを調査した。

### 3.2.4.2.1 駿河湾(内浦, 清水港)

駿河湾(内浦, 清水港)の台風接近時の潮位の特徴は、最低気圧の起時と最大潮位偏差の起時が一致しない事例が複数見られ、また、潮位の高い状態が長く継続する事例が複数見られることである。例として、伊豆半島の東側を通り神奈川県に上陸した台風0115号の内浦での潮位偏差、三島での気圧、風向・風速を第29図に示す。この例では、最低気圧を観測する10時間前に潮位偏差が最大になり、また50cm以上の潮位偏差が14時間継続した。



第28図 高潮の要因となった台風の主な経路



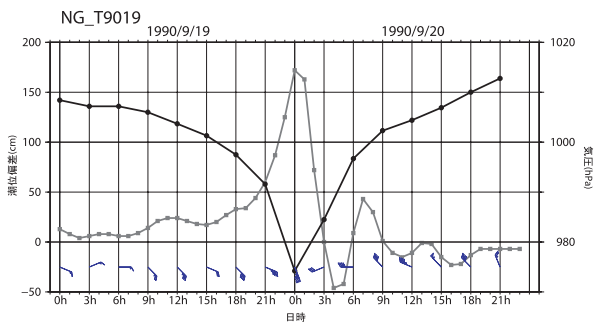
第29図 内浦の潮位偏差(灰色)、三島の気圧(黒)、風向・風速(台風第0115号)

3.2.4.2.2 伊勢湾（名古屋）

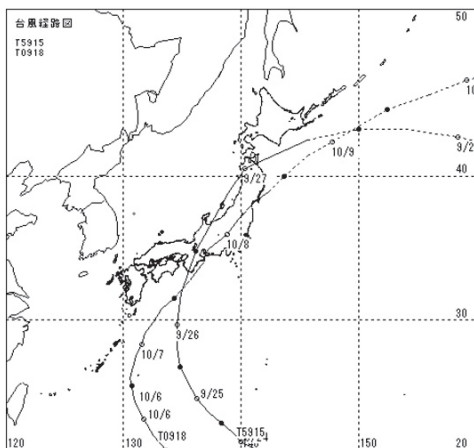
名古屋では、最低気圧の起時と最大潮位偏差の起時がほぼ一致している事例が多く、また、最大潮位偏差の発生後に副振動が発生し、大きな負偏差となった事例も見られた。例として台風9019号の名古屋での潮位偏差、気圧、風向・風速を第30図に示す。

次に、伊勢湾で被害が発生した高潮事例である台風5915号（伊勢湾台風）と台風0918号の名古

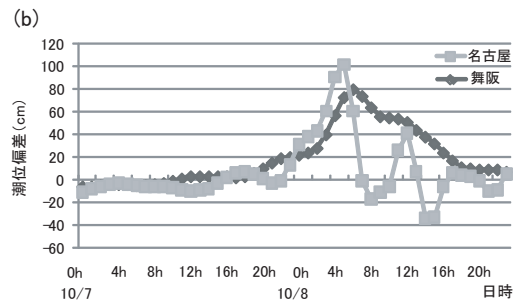
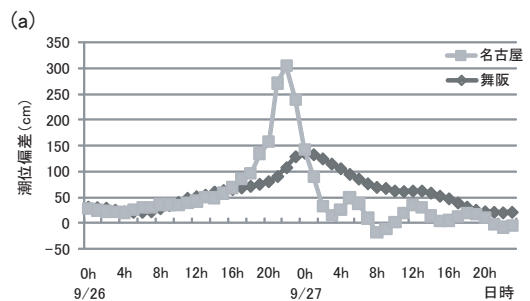
屋と伊勢湾に面している舞阪での潮位偏差を比較した。2例の台風経路図を第31図に、潮位偏差をそれぞれ第32図(a)、(b)に示す。紀伊半島に上陸し、伊勢湾の西側を通った伊勢湾台風が、台風0918号より中心気圧が低く最大風速も大きかったため最大潮位偏差が200cm近く大きい。しかし、台風の規模や経路が湾の西側か東側かの違いがあるが、潮位偏差の時間的変化は名古屋も舞阪も大きな違いは見られない。



第30図 名古屋の潮位偏差（灰色）、気圧（黒）、風向・風速（台風第9019号）



第31図 台風経路（台風第5915号（伊勢湾台風）、台風第0918号）



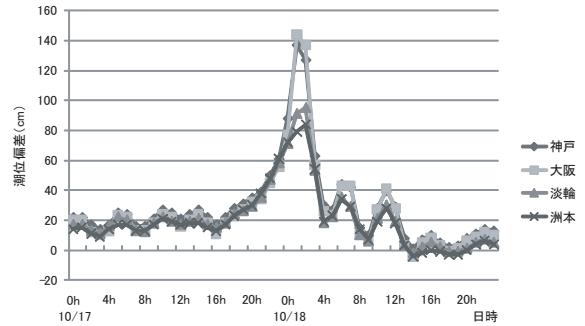
第32図 伊勢湾に高潮被害をもたらした台風による名古屋と舞阪の潮位偏差  
 (a) 台風第5915号（伊勢湾台風）の名古屋、舞阪の潮位偏差。  
 (b) 台風第0918号の名古屋、舞阪の潮位偏差。

3.2.4.2.3 大阪湾（大阪，神戸，洲本，淡輪）

1990年以降で台風により顕著な高潮となった10例について、大阪、神戸、洲本、淡輪の4地点について比較した。なお、淡輪については和歌山の気象データを使用した。例として、四国に上陸して播磨灘の西を通り日本海に抜けた台風9810号の潮位偏差を第33図に示す。4地点における最大潮位偏差の起時は最低気圧の起時とほぼ同時で、台風通過後の潮位偏差の様子も酷似している。潮位偏差の最大値は、湾奥の大阪と神戸が湾口にあたる洲本と淡輪より10～50cm大きくなっていた。また大阪湾では、これらの10例全てで4、5時間周期の変動が発生していた。大阪湾では、紀伊水道に節を持つ306分周期の固有振動が計算されており（小西，2001b）、台風通過時にはこの振動が顕著になると考えられる。

3.2.4.2.5 太平洋側（室戸岬，潮岬，御前崎）

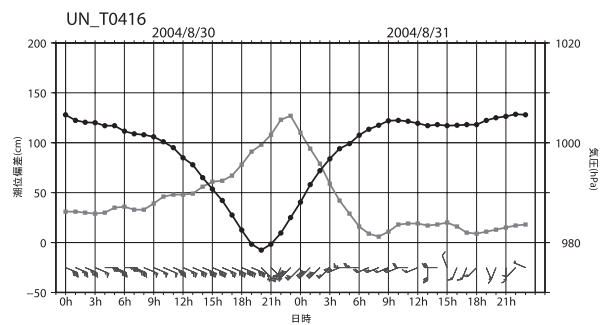
太平洋に面した室戸岬，潮岬，御前崎では、最大潮位偏差の起時と最低気圧の起時がほぼ一致しており、台風の最接近に合わせて高潮が発生する事例が多い。なお、内湾で多くみられた潮位の振動現象はみられなかった。



第33図 大阪，神戸，洲本，淡輪の潮位偏差（台風第9810号）

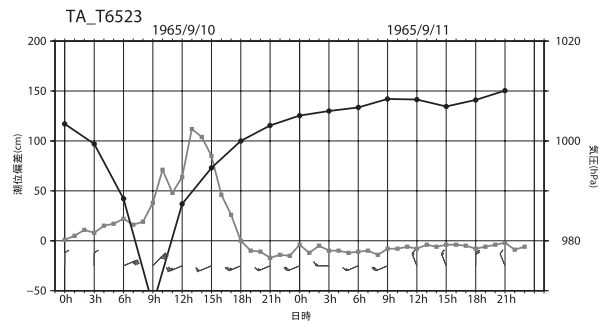
3.2.4.2.4 瀬戸内海（宇野，高松）

瀬戸内海の宇野及び高松では、最低気圧起時からおよそ3時間遅れて潮位偏差が最大になる事例が多く見られた。例として九州に上陸して中国地方を通り日本海に抜けた台風0416号の宇野の潮位偏差，岡山の気圧，風向・風速を第34図に示す。台風が接近して最低気圧となるまで東南東の風が吹き続けた後に潮位偏差が最大になっている。



第34図 宇野の潮位偏差（灰色），岡山の気圧（黒），風向・風速（台風第0416号）

50cm以上の潮位偏差が見られた事例において、潮位偏差のピークが2回現れる現象が宇野では約4割（全96事例中36事例）、高松では約3割（全84事例中29事例）見られた。高知県に上陸し、播磨灘を通過して日本海に抜けた台風6523号の高松での潮位偏差，気圧，風向・風速を第35図に示す。1回目のピークは気圧による吸い上げの効果により、2回目は西寄りの風が強まった後に発生している。2回目のピークは西寄りの風による吹き寄せによるものと考えられるが、前線通過による高潮でも同様に見られることから、その成因は西寄りの風だけではないことが推測できる。小西（2001a，2001b）によれば、西風が強くない場合でも2回目のピークが見られることと、播磨灘の固有振動の計算結果から、その成因は地形に起因する副振動であると結論付けている。



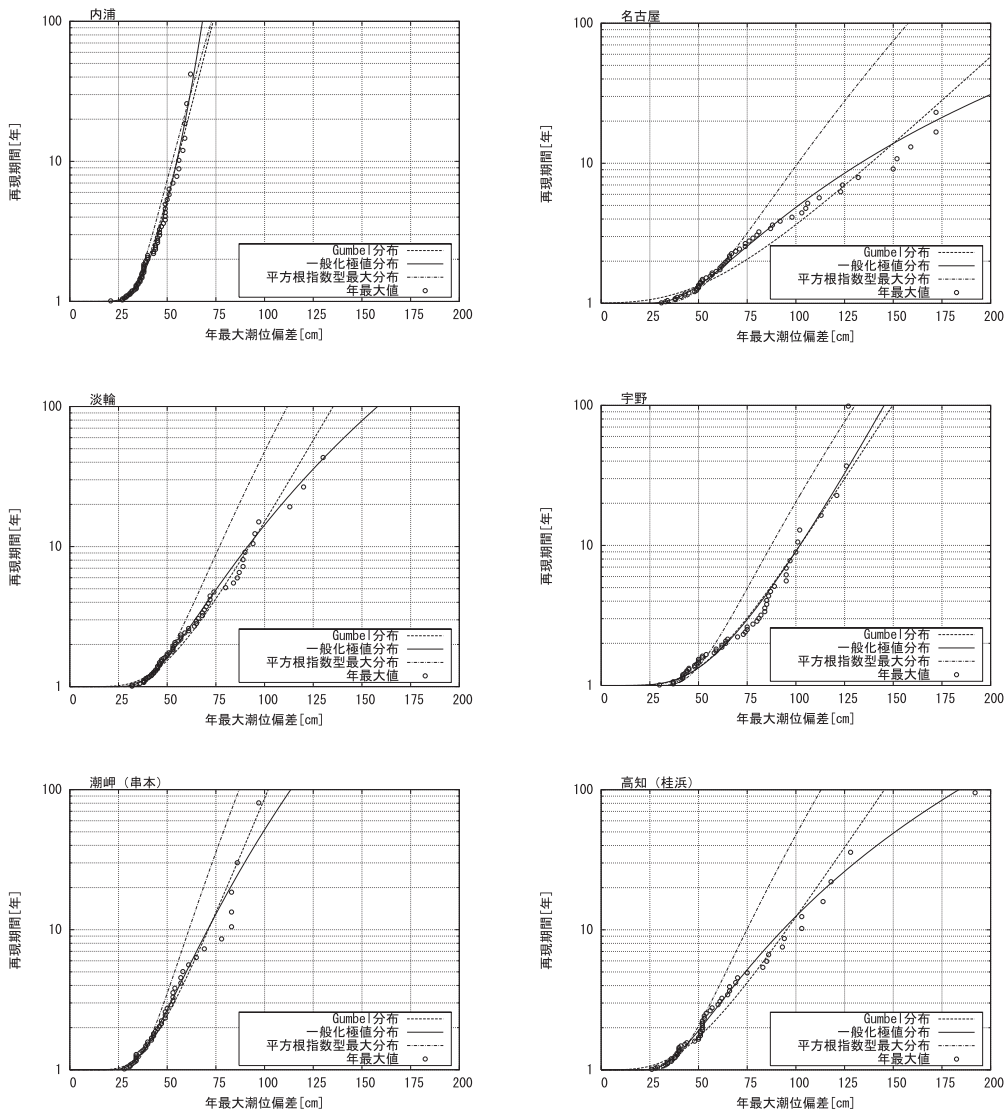
第35図 高松の潮位偏差（灰色），気圧（黒），風向・風速（台風第6523号）

### 3.2.4.3 高潮の再現期間

神戸海洋気象台管内の各地点の高潮再現期間を算出し、海域ごとに比較した。内浦、名古屋、淡輪、宇野、潮岬、高知の高潮再現期間の算出結果を第36図に示す。

駿河湾沿岸の内浦、清水港、御前崎では50cm程度の高潮は3～5年に一度、100cm程度の高潮は100年以上と再現期間が長く、大きな高潮は起こりにくい結果となった。一方、伊勢湾の名古屋では100cm程度の高潮が5年に一度、50cm程度

の高潮が1年に一度となった。大阪湾の淡輪、洲本、瀬戸内海の松山、高松、宇野の再現期間は100cm程度の高潮が10年に一度、50cm程度の高潮が1～2年に一度であった。また、太平洋に面した地点では場所によって再現期間に違いが見られ、浦神、潮岬、土佐清水では100cm程度の高潮の再現期間が50～80年であるのに対し、高知、室戸岬では100cm程度の高潮が10年に一度となった。高知、室戸岬については高波の影響も含まれているのではないかと考えられる。

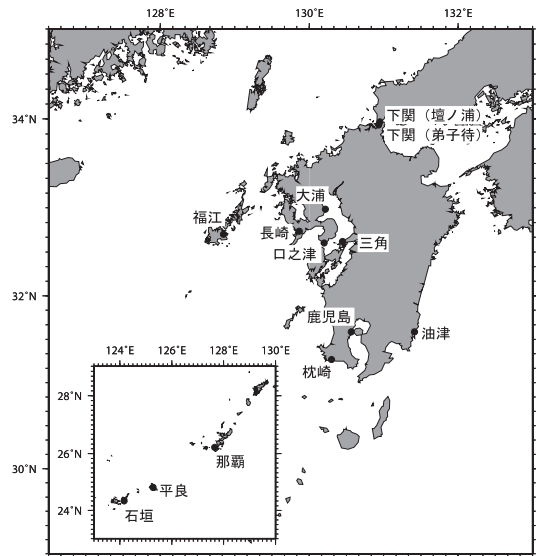


第 36 図 神戸海洋気象台管内の高潮再現期間プロット図

検潮所によって、最適な分布形が異なるため、Gumbel 分布、一般化極値分布、平方根指数型最大値分布のそれぞれの分布形を提示した。縦軸は再現期間（年）、横軸は年最大潮位偏差（cm）。

### 3.2.4.4 まとめ

神戸海洋気象台管内の高潮は、大阪や名古屋のような湾奥の地点では、低気圧が要因で発生した事例が多く見られ、内湾では季節を問わず顕著な高潮が発生する可能性があることがわかった。台風が要因の高潮事例において、大阪湾の大阪、神戸、伊勢湾の名古屋、太平洋に面した室戸岬、潮岬、御前崎では、最大潮位偏差の起時と最低気圧の起時がほぼ一致するが、瀬戸内海の宇野、高松、駿河湾の内浦、清水港で一致しない傾向が見られた。また、内湾では最大潮位偏差の前後に潮位偏差に周期的な変動が多く見られ、大阪湾の4地点（大阪、神戸、淡輪、洲本）での位相及び周期はおおむね同じであった。高潮再現期間の算出結果から、海域ごと、また同じ海域でも地点による違いも見られた。



第37図 長崎海洋気象台管内の歴史的潮位データの調査地点

### 3.2.5 長崎海洋気象台管内の高潮の特性

#### 3.2.5.1 対象地域

第37図に示す、九州・沖縄地方沿岸の下関（弟子待）、下関（壇ノ浦）、大浦、長崎、口之津、福江、三角、油津、鹿兒島、枕崎、那覇、石垣、平良の13地点について調査した。第11表にデータ期間（欠測期間を考慮せずに単純にデータ期間から求めたもの）を示す。度々大きな高潮が発生することが知られている八代海、周防灘では気象庁での観測が行われていないことから、今回の調査地点には入っていない。なお、調査を行った検潮所のうち下関は壇ノ浦から弟子待に移転している。以後、弟子待について下関と記述することで、壇ノ浦と区別する。

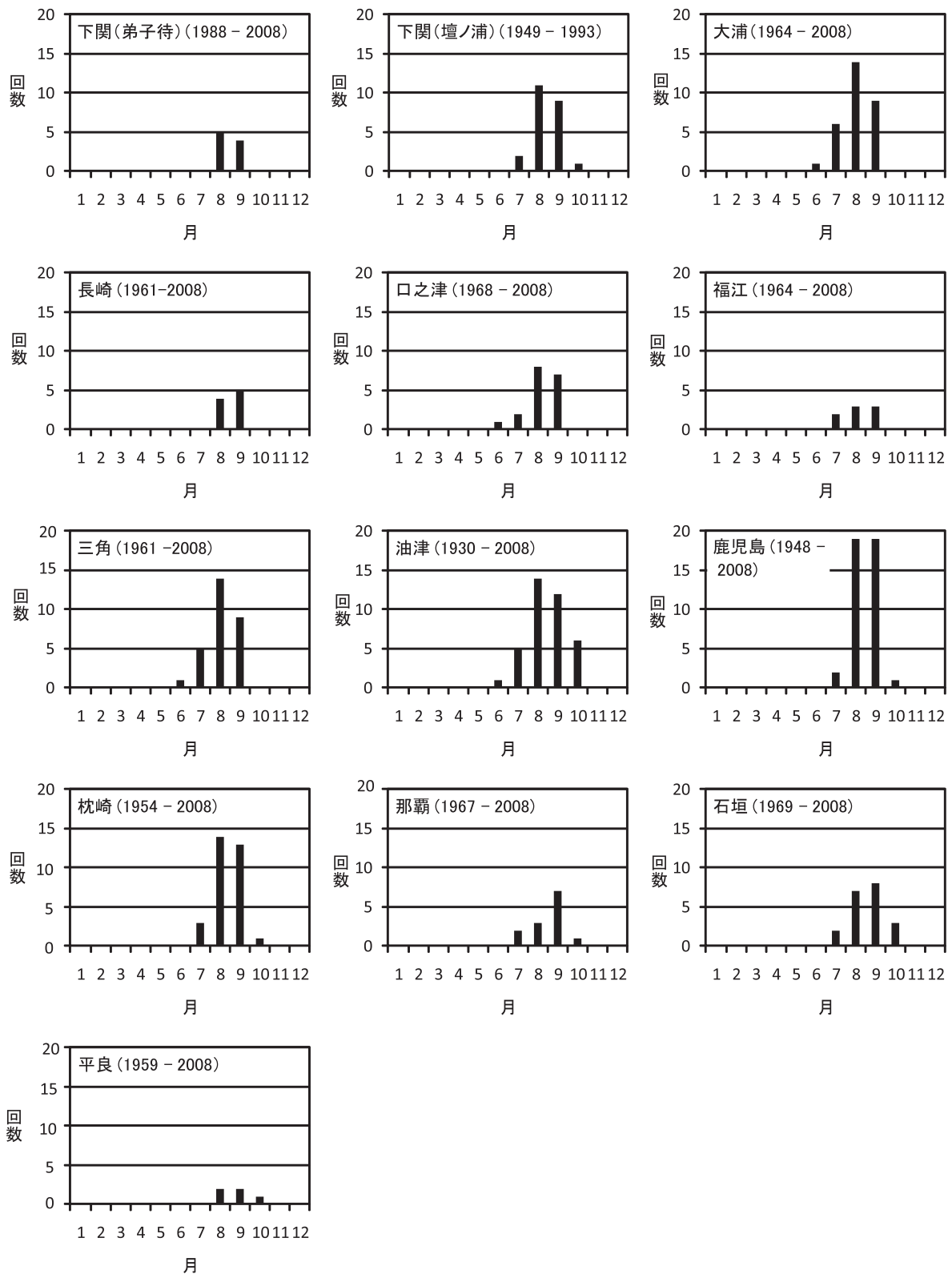
第11表 長崎海洋気象台管内の調査地点と調査期間

調査地点		データ期間
山口県	下関(弟子待)	1988-2008
	下関(壇ノ浦)	1949-1993
佐賀県	大浦	1964-2008
長崎県	長崎	1961-2008
	口之津	1968-2008
	福江	1964-2008
熊本県	三角	1961-2008
宮崎県	油津	1930-2008
鹿兒島県	鹿兒島	1948-2008
	枕崎	1954-2008
沖縄県	那覇	1967-2008
	石垣	1969-2008
	平良	1959-2008

#### 3.2.5.2 高潮

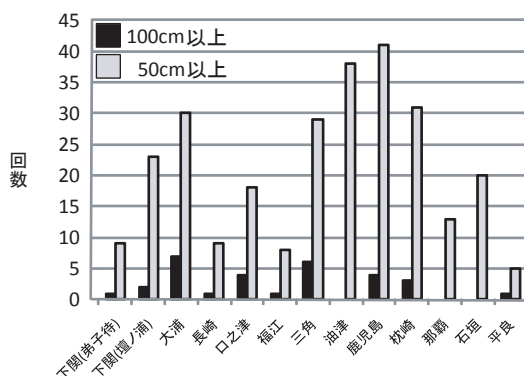
九州・沖縄地方で高潮の事例を抽出した結果、九州・沖縄地方の高潮の事例の要因は全て台風によるもので、各地とも8～9月に多いことがわかった（第38図）。

また、毎時潮位偏差が50cm以上と100cm以上の高潮の事例（第39図、第12表）と、その要因となった台風経路から、各地方沿岸での高潮の特性について示す。



第 38 図 最大潮位偏差 50cm 以上の高潮事例の月別回数  
 地点横の ( ) 内は調査期間を示す。





第39図 長崎海洋気象台管内における観測開始から2008年までの毎時潮位偏差の最大値が100cm以上と50cm以上の高潮事例の回数

第12表 長崎海洋気象台管内の観測開始から2008年までの毎時潮位偏差の最大が100cm以上と50cm以上（各年代ごとに表を分別）の高潮事例の一覧（表中の下関※、壇ノ浦※はそれぞれ下関（弟子待）、下関（壇ノ浦）を簡略化して表記したもの）

偏差100cm以上				偏差50cm以上（1949～1969）				偏差50cm以上（1970～1979）				
年月日	原因	検潮所	偏差	年月日	原因	検潮所	偏差	年月日	原因	検潮所	偏差	
1954.08.18	台風第5405号	鹿児島	126	1949.08.15	ジュディス台風	油津	52	1970.08.14	台風第7009号	長崎	65	
1955.09.30	台風第5522号	鹿児島	127	1951.08.18	台風第5111号	鹿児島	79	壇ノ浦※	66			
1969.08.22	台風第6909号	鹿児島	109	1951.10.14	台風第5115号	油津	76	1970.08.30	台風第7011号	大浦	52	
1970.08.15	台風第7009号	三角	138	1953.09.25	台風第5313号	油津	50	三角	53			
		口之津	105	1954.08.18	台風第5405号	壇ノ浦※	65	油津	53			
1971.08.05	台風第7119号	大浦	153	1954.09.12		油津	53	1971.08.30	台風第7123号	鹿児島	60	
		三角	117	1954.09.13	台風第5412号	鹿児島	98	油津	72			
1976.09.13	台風第7617号	壇ノ浦※	100	1954.09.14		壇ノ浦※	79	鹿児島	90			
		口之津	100	1954.09.26	台風第5415号	鹿児島	91	枕崎	96			
		大浦	147			壇ノ浦※	79	大浦	84			
1987.08.31	台風第8712号	大浦	105	1955.09.29	台風第5522号	油津	65	口之津	58			
1991.09.14	台風第9117号	大浦	112	1955.09.30		壇ノ浦※	77	1971.09.22	台風第7128号	石垣	57	
1991.09.27	台風第9119号	福江	101	1955.10.04	台風第5523号	壇ノ浦※	51	1972.07.20	油津	54		
		長崎	102	1956.08.16		枕崎	52	1972.07.24	台風第7207号	那覇	54	
		壇ノ浦※	129	1956.08.17	台風第5609号	鹿児島	56	1972.07.23	油津	55		
		口之津	129		壇ノ浦※	70	1972.07.24	台風第7209号	壇ノ浦※	96		
		三角	160	1956.09.09	台風第5612号	鹿児島	59	1972.07.26	大浦	59		
大浦	217	1956.09.10		壇ノ浦※	93	1972.08.16	台風第7214号	石垣	76			
1992.08.08	台風第9210号	枕崎	100	1957.08.19	台風第5707号	鹿児島	60	1973.08.17	台風第7310号	大浦	51	
1993.08.10	台風第9307号	三角	104	1957.08.20		枕崎	50	1974.07.06	台風第7408号	大浦	65	
		大浦	113			枕崎	78	三角	52			
1993.09.03	台風第9313号	鹿児島	119	1957.09.06	台風第5710号	鹿児島	69	1976.07.19	台風第7609号	大浦	64	
1996.08.14	台風第9612号	枕崎	100			油津	60	口之津	59			
1999.09.24	台風第9918号	枕崎	100	1959.08.07		枕崎	60	1976.08.09	台風第7613号	石垣	91	
2003.09.11	台風第0314号	平良	135	1959.08.08	台風第5906号	油津	51	1976.09.09		那覇	52	
2004.08.30	台風第0416号	下関※	107			鹿児島	68	1976.09.12		枕崎	72	
2004.09.07	台風第0418号	大浦	201	1960.08.29	台風第6016号	油津	55	1976.09.13	台風第7617号	鹿児島	65	
		口之津	116	1961.08.01	台風第6112号	枕崎	88	長崎	71			
		三角	162	1961.09.16	台風第6118号	油津	66	壇ノ浦※	85			
2006.09.17	台風第0613号	三角	102			壇ノ浦※	67	1977.07.31	台風第7705号	石垣	67	
				1963.08.09	台風第6309号	油津	59	1977.09.09	台風第7709号	那覇	50	
						鹿児島	76	1978.09.15	台風第7818号	壇ノ浦※	70	
				1964.08.23	台風第6414号	枕崎	55	1979.10.19	台風第7920号	油津	59	
						枕崎	83	1979.09.30	台風第7916号	鹿児島	50	
				1964.09.24	台風第6420号	鹿児島	70					
						油津	93					
						枕崎	74					
				1965.08.06	台風第6515号	鹿児島	66					
						壇ノ浦※	67					
						大浦	62					
						油津	60					
				1966.08.23	台風第6615号	壇ノ浦※	51					
						三角	55					
				1968.08.29	台風第6810号	壇ノ浦※	52					
						枕崎	73					
				1968.09.24	台風第6816号	枕崎	57					
						鹿児島	57					
				1969.08.22	台風第6909号	枕崎	96					
				1969.09.26	台風第6911号	石垣	74					

第12表 つづき

偏差50cm以上 (1980~1989)

年月日	原因	検潮所	偏差
1980.09.11	台風第8013号	壇ノ浦※	80
		鹿児島	55
		油津	50
		枕崎	50
		油津	53
1980.10.14	台風第8019号	油津	54
1982.08.26	台風第8213号	油津	75
		鹿児島	51
1982.08.27		壇ノ浦※	68
1983.08.15	台風第8305号	油津	51
		鹿児島	54
1983.09.26	台風第8310号	石垣	64
1983.09.28		大浦	88
		三角	84
1984.08.21	台風第8410号	長崎	52
		大浦	86
		長崎	56
		口之津	63
1985.08.22	台風第8511号	三角	77
		石垣	57
		大浦	82
1985.08.31	台風第8513号	口之津	55
		三角	52
		枕崎	67
		鹿児島	97
1986.08.28	台風第8613号	壇ノ浦※	50
		大浦	57
		三角	53
1987.08.31	台風第8712号	福江	66
		三角	76
		口之津	57
1987.10.16	台風第8719号	油津	52
1989.07.27	台風第8911号	油津	67
福江		50	
三角		50	
枕崎		56	
1989.07.28		鹿児島	99
		鹿児島	53
1989.08.02	台風第8912号	三角	52
1989.08.03		鹿児島	50
1989.09.19	台風第8922号	鹿児島	50

偏差50cm以上 (1990~1999)

年月日	原因	検潮所	偏差
1990.09.29	台風第9020号	油津	54
1991.07.29	台風第9109号	口之津	55
		壇ノ浦※	52
		福江	54
		大浦	80
		三角	64
		油津	51
1991.08.21	台風第9112号	枕崎	65
1991.08.22		鹿児島	66
1991.08.23			三角
	長崎		55
	口之津		58
	大浦		62
	福江		50
1991.09.13	台風第9117号	那覇	57
三角		78	
1991.09.14	台風第9119号	壇ノ浦※	87
口之津		65	
石垣		50	
1991.09.26	台風第9119号	平良	94
		枕崎	99
1991.09.27	台風第9210号	鹿児島	72
下関※		57	
1992.08.08	台風第9210号	壇ノ浦※	75
		下関※	58
1993.07.30	台風第9306号	鹿児島	82
		大浦	60
		三角	53
1993.08.10	台風第9307号	口之津	73
		枕崎	74
1993.09.03	台風第9313号	鹿児島	78
		枕崎	66
1993.10.8	台風第9320号	油津	77
1993.10.8	台風第9320号	油津	50
1994.08.20	台風第9416号	石垣	71
1994.09.29	台風第9426号	油津	53
1995.09.23	台風第9514号	石垣	56
1995.09.24	台風第9606号	鹿児島	57
1996.07.18	台風第9609号	鹿児島	70
1996.07.31	台風第9609号	石垣	65
1996.08.12	台風第9612号	那覇	52
		三角	69
		下関※	75
		大浦	70
		鹿児島	80
1997.06.28	台風第9708号	三角	63
		大浦	62
1997.08.17	台風第9713号	口之津	50
		平良	54
1997.08.18	台風第9719号	那覇	62
石垣		53	
1997.09.16	台風第9719号	枕崎	83
1997.09.16	台風第9719号	鹿児島	85
1999.09.22	台風第9918号	那覇	51
		鹿児島	89
1999.09.24		三角	78
		大浦	75
		下関※	86

偏差50cm以上 (2000~2008)

年月日	原因	検潮所	偏差
2000.07.30	台風第0006号	大浦	58
2000.09.12	台風第0014号	那覇	56
		大浦	66
2000.09.16		三角	56
		口之津	50
2001.08.21	台風第0111号	油津	50
2001.10.16	台風第0121号	石垣	65
2002.07.25	台風第0209号	油津	60
2002.07.26		枕崎	54
2002.08.31	台風第0215号	下関※	51
		福江	62
		口之津	65
		三角	73
		大浦	77
2002.09.04	台風第0216号	長崎	57
2002.09.04	台風第0216号	那覇	63
2003.08.07	台風第0310号	那覇	64
2003.09.11	台風第0314号	石垣	61
2004.06.21	台風第0406号	油津	51
2004.08.11	台風第0413号	石垣	55
		平良	52
2004.08.19	台風第0415号	三角	50
		大浦	59
		下関※	51
		枕崎	93
2004.08.30	台風第0416号	油津	74
		三角	62
		鹿児島	85
		石垣	52
2004.08.24	台風第0417号	石垣	55
2004.09.05	台風第0418号	那覇	75
		下関※	88
		枕崎	83
		福江	76
2004.09.07		鹿児島	73
		長崎	94
2004.09.29	台風第0421号	枕崎	66
		鹿児島	76
2004.10.19	台風第0423号	平良	60
		那覇	74
2004.10.20		石垣	50
		油津	72
2005.09.06	台風第0514号	油津	69
		枕崎	86
		三角	69
		大浦	77
		下関※	51
2006.08.17	台風第0610号	口之津	52
		油津	52
2006.09.16	台風第0613号	石垣	53
		枕崎	58
		福江	61
		大浦	58
2006.09.17		鹿児島	54
		長崎	56
		口之津	85
		那覇	62
2007.07.13	台風第0704号	枕崎	70
2007.07.14		油津	55
		油津	52
2007.08.02	台風第0705号	油津	52
2007.09.18	台風第0712号	石垣	67
2007.10.06	台風第0715号	石垣	84

### 3.2.5.2.1 九州北部地方（山口県含む）沿岸の特性

九州北部地方沿岸の高潮の事例は、下関と長崎で9事例、壇ノ浦で23事例、福江で8事例であった。100cm以上の事例は、下関、長崎及び福江でそれぞれ1事例、壇ノ浦で2事例であり、台風9119号では、壇ノ浦、長崎、福江で共通して発生している。また、顕著な高潮を引き起こした台風のほとんどが九州北部の西側（長崎県から山口県）を縦断していることがわかった。

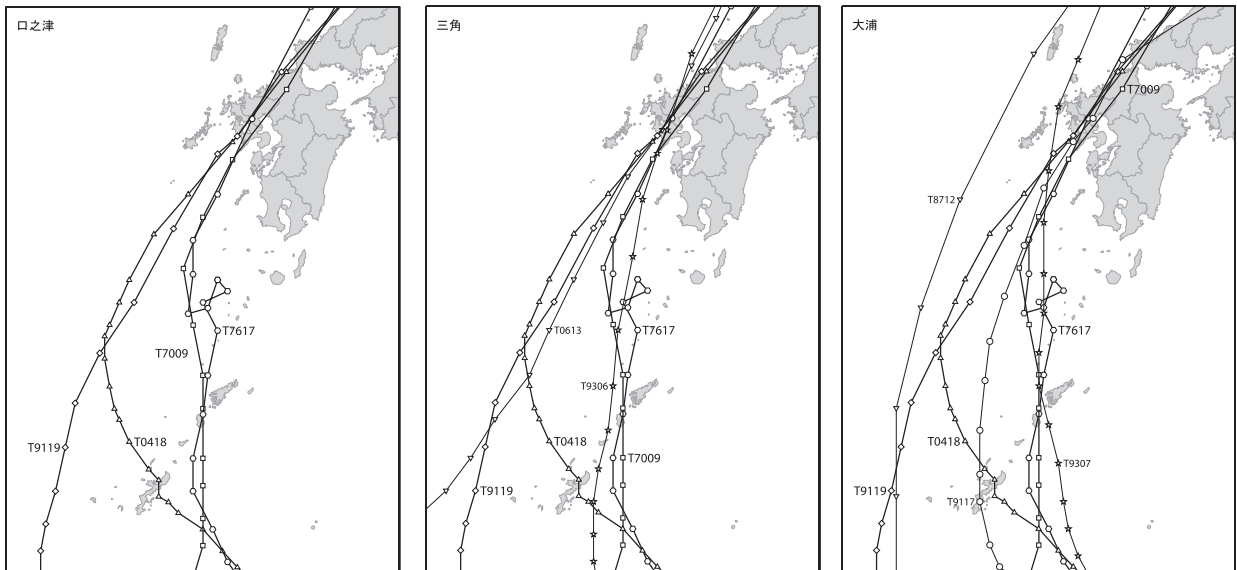
### 3.2.5.2.2 有明海沿岸の特性

有明海沿岸の高潮の事例は、口之津で18事例、三角で29事例、大浦で30事例であった。100cm以上の事例は口之津で4事例、三角で6事例、大浦で7事例であった。100cm以上の事例のうち、口之津での4事例（台風7009号、台風7617号、台風9119号、台風0418号）の要因となった台風は全て長崎半島周辺に上陸していることがわか

った。また、口之津で100cm以上の事例全てで、三角と大浦でも100cm以上の高潮が発生していた（第40図）。山城ほか（2007）は顕著な高潮が発生するときの台風経路の危険範囲を設定しているが、それによると湾奥ほど危険範囲が広いと報告している。

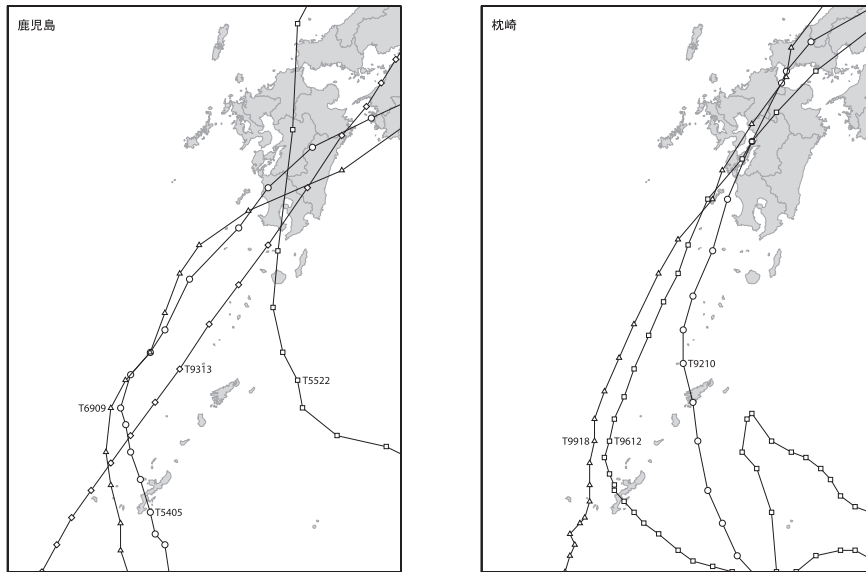
### 3.2.5.2.3 九州南部地方沿岸の特性

九州南部地方の高潮の事例は、油津で38事例、鹿児島で41事例、枕崎で31事例と有明海沿岸に比べて多かったが、100cm以上の事例は、油津で事例なし、鹿児島で4事例、枕崎で3事例と有明海沿岸より少なかった。また、鹿児島と枕崎で発生した100cm以上の高潮の事例のすべてが90年代以前に発生しており、2000年以降全く発生していないことがわかった。さらに、鹿児島と枕崎での100cm以上の事例については全て台風の中心が鹿児島湾の西側を通過していた（第41図）。



第40図 観測開始から2008年までの毎時潮位偏差の最大が100cm以上の時の口之津、三角及び大浦の台風経路

図中の太線で示した経路は3地点ともに100cm以上となった共通の台風経路（台風第7009号、台風第7617号、台風第9119号、台風第0418号）を示す。



第 41 図 観測開始から 2008 年までの毎時潮位偏差の最大が 100cm 以上の時の鹿児島及び枕崎の台風経路

#### 3.2.5.2.4 沖縄地方沿岸の特性

沖縄地方の高潮の事例は、那覇で 13 事例、石垣で 20 事例、平良で 5 事例であった。また、100cm 以上の事例は平良の 1 事例のみであり、那覇と石垣では最大でそれぞれ 75cm と 91cm の高潮であった。沖縄地方で高潮をもたらした事例の大半において台風が近辺を通過していた。

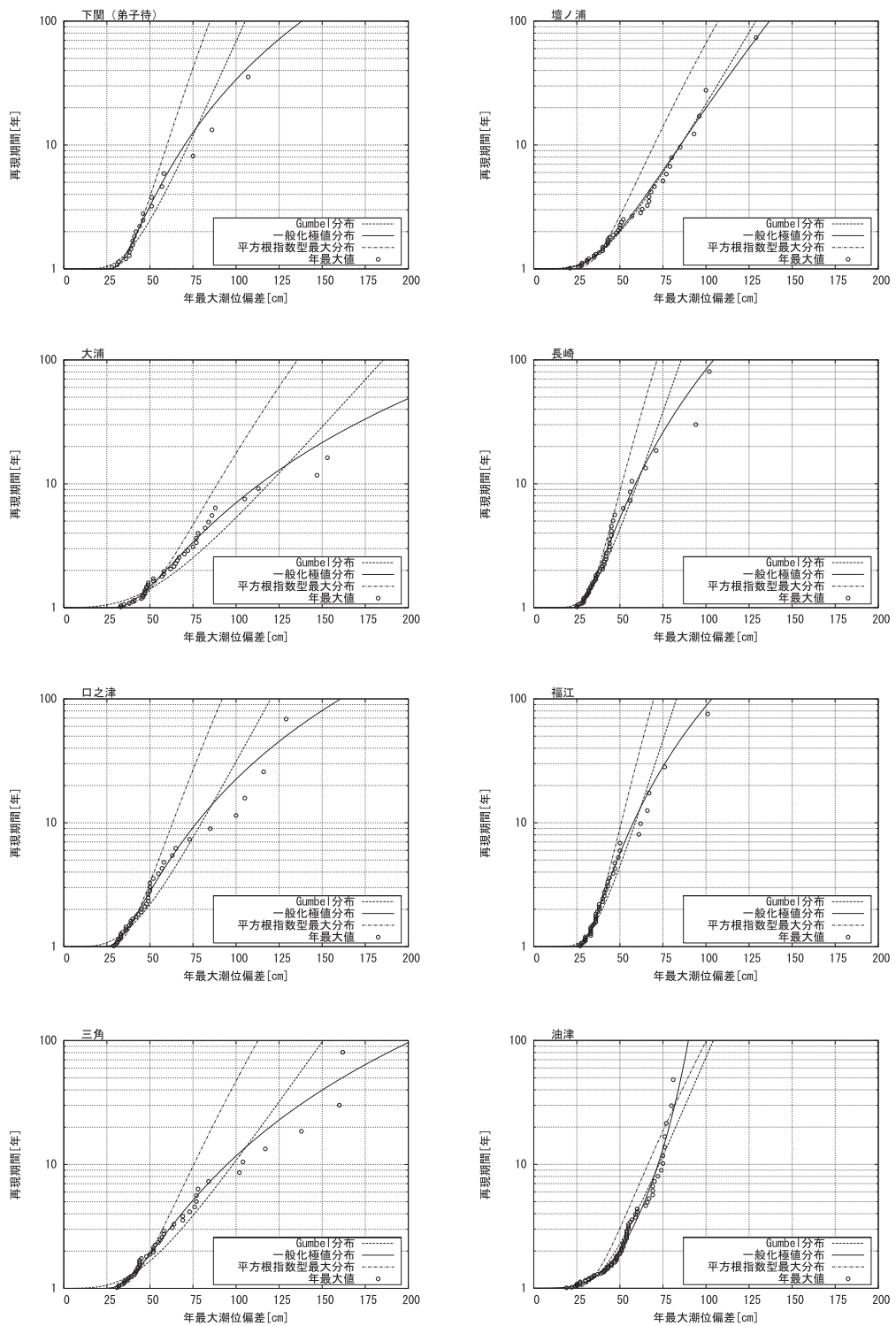
#### 3.2.5.3 高潮の再現期間

高潮の再現期間を算出した結果を第 42 図に示す。各地点の高潮再現期間は、内湾である有明海沿岸の地点がほかの地点と比べて再現期間が短い(第 13 表)。さらに、口之津、三角、大浦と湾口から湾奥に向かって 100cm 以上の高潮再現期間は、それぞれ約 22 年、約 12 年、約 7 年と短くなることがわかった。これは遠浅の湾では湾奥に向かうに従って高潮が大きくなるという浅海域での基本的な特徴をよく表現している。有明海沿岸の地点以外にも鹿児島、枕崎、壇ノ浦で偏差 100cm 以上の高潮がそれぞれ、約 12 年、約 18 年、約 20 年に一度の割合で発生することがわかった。また、那覇、石垣では 100cm 以上の高潮はそれぞれ 100 年以上、約 90 年に一度と発生頻度が低

いが、50cm 以上の高潮は那覇で約 4 年、石垣で約 3 年と比較的短い期間で発生することがわかった。金子ほか(2009)は石垣の 100cm 以上の高潮再現期間を約 135 年と報告しているが、これは各年の年最大潮位偏差の算出方法が異なるためである。金子ほか(2009)は簡略化のため最新の平均潮位を元に算出しているが、今回の再解析データでは過去 5 年の平均潮位を毎年当てはめることで、平均潮位の変化を取り除いて算出している。このため、今回の結果の方がより現実に近い結果となっている。

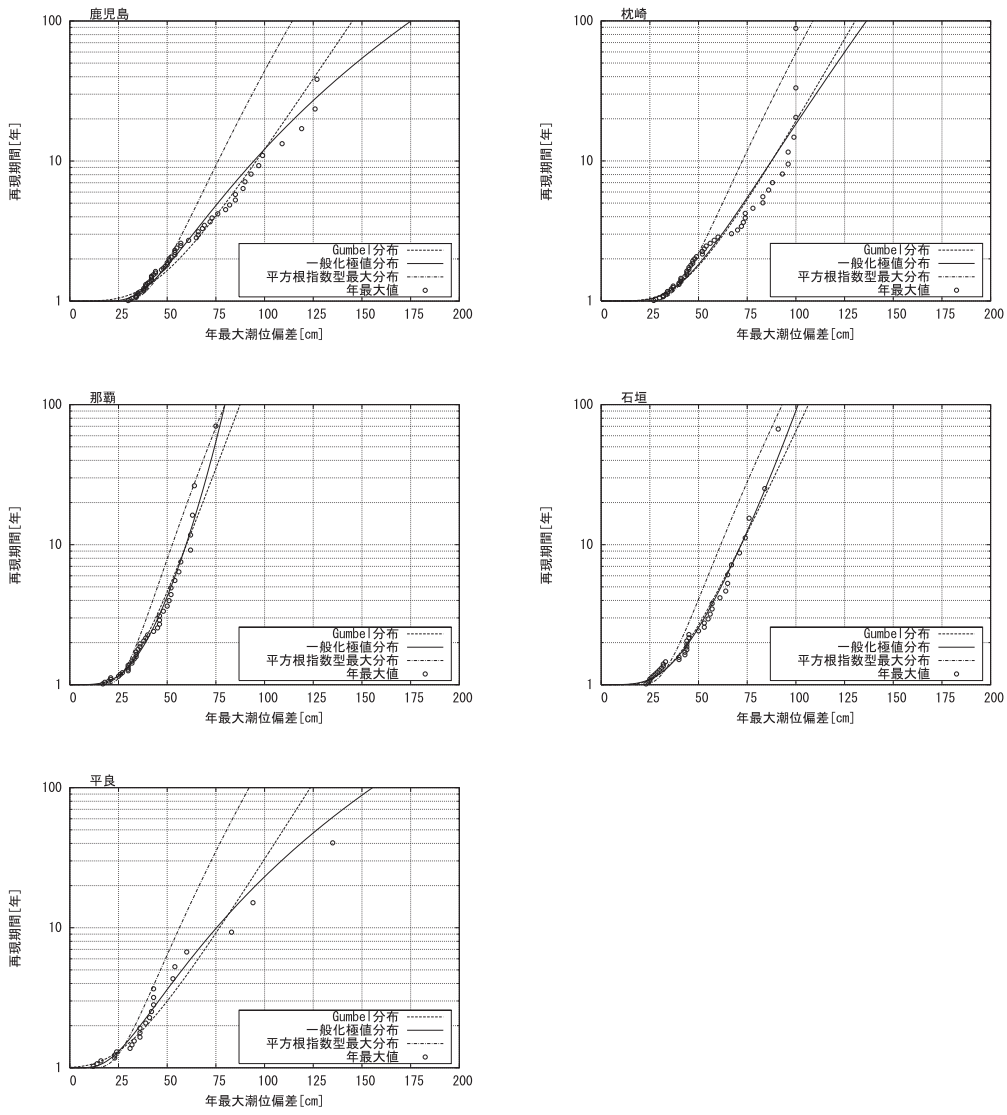
#### 3.2.5.4 まとめ

毎時潮位偏差の最大が 100cm 以上の高潮を引き起こした台風の経路について調査した結果、各地点とも、台風が地点の西側を通過した際に高潮が発生していることがわかった。また高潮再現期間について調べた結果、有明海沿岸の地点がほかの地点と比べて大きな高潮が発生する頻度が短いことがわかった。これは遠浅の湾では湾奥に向かうに従って潮位偏差が大きくなるという高潮の基本的な特徴をよく表現している。



第42図 長崎海洋気象台管内の高潮再現期間プロット図

検潮所によって、最適な分布形が異なるため、Gumbel 分布，一般化極値分布，平方根指数型最大値分布のそれぞれの分布形を提示した。縦軸は再現期間（年），横軸は年最大潮位偏差（cm）。



第42図 つづき

第13表 長崎海洋気象台管内における高潮再現期間  
(観測開始から2008年までの年最大潮位偏差  
が50cmと100cmの場合)

地点	高潮再現期間(年)	
	50cm	100cm
下関(弟子待)	3	34
下関(壇ノ浦)	2	20
大浦	1	7
長崎	5	84
口之津	3	22
福江	6	88
三角	2	12
油津	2	971
鹿児島	2	12
枕崎	2	18
那覇	4	3054
石垣	3	91
平良	4	23

#### 4. 日本沿岸の高潮調査のまとめと今後の課題

今回、これまで長期にわたって蓄積してきた潮汐観測記録を再解析し、一貫した手法で品質管理を施したデータセットを作成した。この再解析データを用いることで、これまでに発生した高潮を、統一的に調査することが可能となった。過去に発生した高潮について、発生時期や頻度などの地域特性を調査するとともに、高潮再現期間を算出した。高潮発生事例の調査からは、台風の経路や低気圧の動向、地形、季節などによる高潮のパターン分けがなされ、どのような気象条件のときに注意が必要か、地域ごとに把握が容易になった。また、高潮再現期間の算出結果から、大きな湾において短い期間で大きな潮位偏差が出現しやすいことを定量的に示すことができた。これらの成果を、今後の高潮防災、ひいては沿岸防災業務に活用することが期待される。

しかし、より充実した再解析データセットとするためには、まだ課題や調査の余地がある。

今回の高潮再現期間の算出では年最大潮位偏差の再現期間を求めたが、防災情報としては、年最大潮位偏差の再現期間とともに潮位が高潮警報基準を超過する再現期間を推定することも必要であ

る。推算手法として、年最大潮位偏差の確率分布と天文潮位の確率分布から結合確率を求める方法(小西, 2009)があるが、この方法では、潮位偏差の最大値のみを扱っており、潮位偏差の時間変動が考慮されておらず、天文潮位と潮位偏差の和である潮位の再現期間が過小に評価される可能性がある。この問題を解決し、適切に潮位の再現期間を求める手法(金子ほか, 2009)が提案されていることから、今後これらの手法の妥当性を検討し、潮位再現期間を求めることが課題である。

また、高潮位により沿岸に浸水害をもたらす現象には、高潮のほかに、海況の影響で平常よりも高い潮位が数日から数週間にわたって続く異常潮位があり、これに関する調査も必要である。例えばこれまでも、黒潮流路の変動や暖水渦の接近等によって潮位が上昇したために浸水害が発生している。異常潮位と低気圧や台風による高潮が重なることで、より大きな災害につながることもあり、その発生状況を把握する必要がある。何を持って異常潮位とするかについては検討の余地があり、再解析データを用いて求められる潮位の再現期間から異常潮位を定義することも考えられる。

このように、今回作成した再解析データの活用範囲は広い。この再解析データを用いた統計的な調査や顕著事例の解析を進め、沿岸地域に対する適切な防災情報の提供に資することを目指す。

## 参 考 文 献

- Isozaki, I. (1968) : An Investigation on the Variations of Sea Level due to Meteorological Disturbances on the Coast of Japanese Islands (II) : Storms Surges on the Coast of the Japan Sea, J. Oceanogr. Soc. Japan., **24**, 178 - 190.
- Isozaki, I. (1969) : An Investigation on the Variations of Sea Level due to Meteorological Disturbances on the Coast of Japanese Islands (IV) : Storm Surges on the Pacific and Okhotsk Sea Coasts of North Japan, J. Oceanogr. Soc. Japan., **25**, 191-200.
- 金子郁雄・高佐重夫・野崎太・小西達男 (2009) : 高潮発生確率の計算法の改良－石垣を事例として－. 沖縄管内気象研究会誌, **38**, 27-29.
- 気象庁 (1999) : 海洋観測指針 (第2部) .
- 気象庁 (2006) : 異常気象リスクマップ, (<http://www.data.kishou.go.jp/climate/riskmap/index.html>, 2011年2月17日参照).
- 小林昭夫, 真砂礼宏, 吉田明夫, 檜垣将和 (2002) : 1944年東南海地震前の潮位変化と当時の潮位資料. 験震時報, **65**, 1-43.
- 小林健二 (2006) : 確率雨量と再現期間の推定. 測候時報, **73**, 51-72.
- 神戸海洋気象台海洋課 (1965) : 検潮所の潮位読取基準面及びそれと東京湾中等潮位との関係について. 神戸海洋気象台彙報, 第**174**号, 1-20.
- 小西達男 (2001a) : 播磨灘の高潮とそれに付随して生じる副振動について. 海と空, 海洋気象学会, **77**, 117-126.
- 小西達男 (2001b) : 瀬戸内海の潮位の長期変動及び湾・灘の固有振動. 海の気象, 海洋気象学会, **47**, 22-30.
- 小西達男 (2009) : 1991年台風第19号による有明海の高潮と高潮確率. 海と空, **84**, 163-172.
- 宮崎正衛, 吉沢博 (1955) : 神戸検潮所の沿革と基準面の変動. 測候時報, **22**, S193-S195.
- 長崎海洋気象台海洋課 (1967) : 深堀検潮所の潮せき観測について. 測候時報, **34**, 72-75.
- 山城賢・橋本典明・河合弘泰・荒木健人・麻生紀子 (2007) : 有明海沿岸における高潮危険度の簡易判断手法の開発. 海岸工学論文集, **54**, 311-315.