

数値モデルによる高潮予測について*

小西 達男**

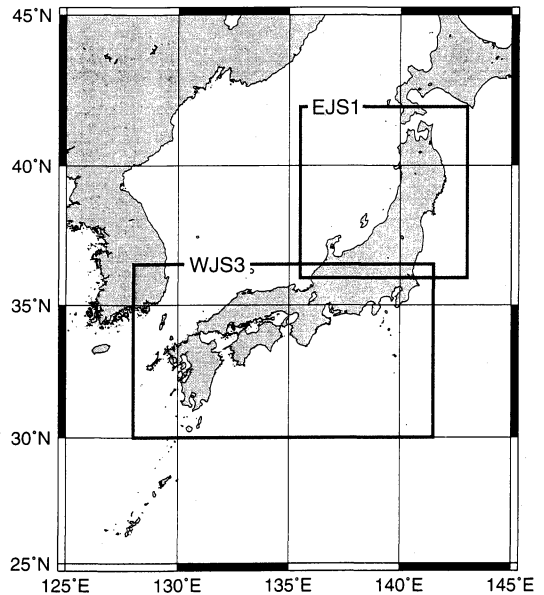
1. はじめに

1998年は、5号、7号、8号、10号と4個の台風が上陸し、10号による近畿地区の文化財被害をはじめ、各地に大きな災害をもたらした。過去の台風災害のうちで大きな被害をもたらしたものに高潮(タカシオ)がある。台風による顕著な気圧の低下や暴風によって潮位が異常に上昇する現象である。1959年の伊勢湾台風のような甚大な被害(死者行方不明者5098人、このうち70%は高潮によるものといわれている)は、事前の防災情報の徹底、防災施設の整備等により近年生じていないが、1991年の第19号では瀬戸内海西部で1万戸を超える大きな浸水被害が起こり、1998年の第10号でも大阪湾沿岸で浸水被害が発生した。これらの被害の防止・軽減のため、気象庁では高潮予測の高度化を図る努力を続けている。ここでは、1998年7月から気象庁が導入した力学的な高潮予測法を紹介する。

2. 高潮数値予測モデルについて

従来、高潮の予測は潮位を観測している地点毎に求めた統計的な経験式に基づいて行ってきた(気象庁、1998)。しかし、この手法では任意の地点での予測や時間変化を予測できないこと、精度向上に限界があることなどの問題点があった。これらのことから予測手法の改善に関する研究を進め、高潮数値予測モデルの開発と精度確認の作業を行ってきた。その成果をうけて、1998年7月1日より関東から西日本にかけての沿岸を対象に同モデルの運用を開始し、1999年8月からは東北・北陸地方へ予測領域を拡大した(第1図)。

高潮を予測するには、それを発生・発達させる外力である風や気圧の変化とその結果生じる海水の運動を知る必要がある。高潮数値予測モデルもこの2つを算



第1図 高潮数値予測モデルの計算領域。WJS3 : 北緯30.0度東経128.0度～北緯36.5度東経141.5度。EJS1 : 北緯36.0度東経135.5度～北緯42.0度東経143度。

出する部分から構成される。後段の海水の運動については、地形と水深変化を考慮した海底地形上の海水を鉛直に積分した2次元数値モデルに基づいて予測を行う。数値モデルの詳細は、小西・檜垣(1998)に譲るが、運動方程式には、台風の風や気圧の効果、海底摩擦の効果、コリオリ力などが含まれている。計算は高潮(潮位偏差)のみを対象とする。高潮と天文潮位は数%程度の誤差で重ねあわせが可能であり(宇野木、1993)、潮位の予測は別途算定した天文潮位を加え合わせるにより行われる。境界条件は、陸岸境界では岸に直交する流速を0とおく。開放境界では、反射波を避けつつ気圧による水位上昇を考慮するため、津波などの計算で用いられる放射条件(長波が領域外に向

* Storm surge forecast by a numerical model.

** Tatsuo Konishi, 気象庁気候・海洋気象部海洋課.

© 1999年 日本気象学会

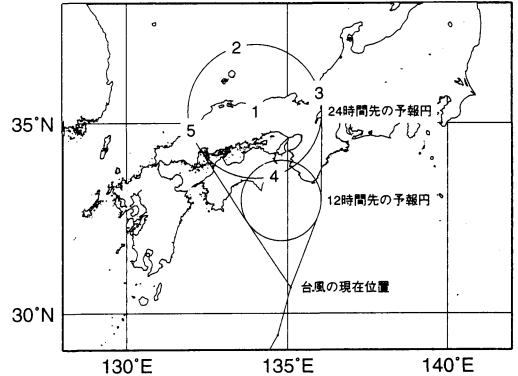
かって透過する条件)に計算境界での気圧分の水位上昇を考慮する「変形」放射条件を用いている。モデルの空間格子間隔は緯度経度について1分であり約1.8 kmごとに高潮の時間変化が得られ、従来の統計的な手法に比べ非常にきめ細かな予測が可能となる。

海水の運動を駆動する気圧や風の変化について、ごく自然には数値気象予報モデルの結果を利用することが考えられる。しかし、高潮については防災上の観点から次のような問題がある。現在のところ、24時間後の台風進路の予測誤差は、場合によっては100 kmを超えている。台風の進路が数十 km ずれると、日本の内湾の規模では湾の東から西へと進路が変わることになり、高潮の様相は一変する。これらを考慮すると、防災上は予想される幾つかの台風進路に従って高潮の計算を行っておくことが必要とされる。このため、高潮数値予測モデルでは台風の進路が1つに定まってしまう数値気象予報結果のかわりに、パラメータに基づく台風モデルを用いて想定される進路に沿って台風を移動させ気象の場を求めている。現在のモデルでは、台風の気圧分布式として過去の高潮研究でも良く用いられてきた藤田の式 (Fujita, 1952) を採用している。また、台風内の風の分布は、気圧分布式から計算される傾度風と台風の移動速度を加味した宮崎ほかの式 (Miyazaki *et al.*, 1961) が用いられている。

実際の数値モデルの運用では、台風接近時に1日4回、上で述べた台風進路予想の誤差を考慮して、台風の中心が24時間先の予報円の中心とその円周上の4点に達する計5通りの経路(第2図)について高潮の24時間予報を行っている。計算結果から各府県2-3か所ずつ全国で約140の港湾について、潮位や潮位偏差の時系列予測値、各コースを通ったときの最高潮位とその起時を気象官署へ配信して高潮の情報発表に利用している。

3. 台風による高潮の予測結果

1998年に上陸した4個の台風のうち、台風第7号と10号の通過時に伊勢湾や大阪湾で1 mを超す高潮が発生した。中でも最も大きかったのは台風10号の時の大阪検潮所のもので1.4 mの高潮が観測された。第3図に、台風第10号通過時の大阪検潮所での高潮(潮位偏差)の時間変化を示す。この図で、実線で示されているのが高潮数値予測モデルによる予測結果で、台風が最接近する12時間前の17日15時および台風通過直後の18日3時に予測したものを示している。予想時刻以



第2図 高潮数値予測モデルが計算する台風の経路。24時間後の予報円(台風の予測中心が70%の確率で入る範囲を示す)に記されている5つの番号は1;予報円の中心, 2;最も早い, 3;最も東より, 4;最も遅い, 5;最も西より,を示し,この5つのコースを台風が通過する場合の高潮を,高潮数値予測モデルで計算する。

前の結果は再現計算によるものである。台風のコースは予報円の中心を通過した場合の予測値を表している。また、破線で示されているのが、大阪検潮所で観測された潮位について短周期成分を平滑した値から算出された高潮である。

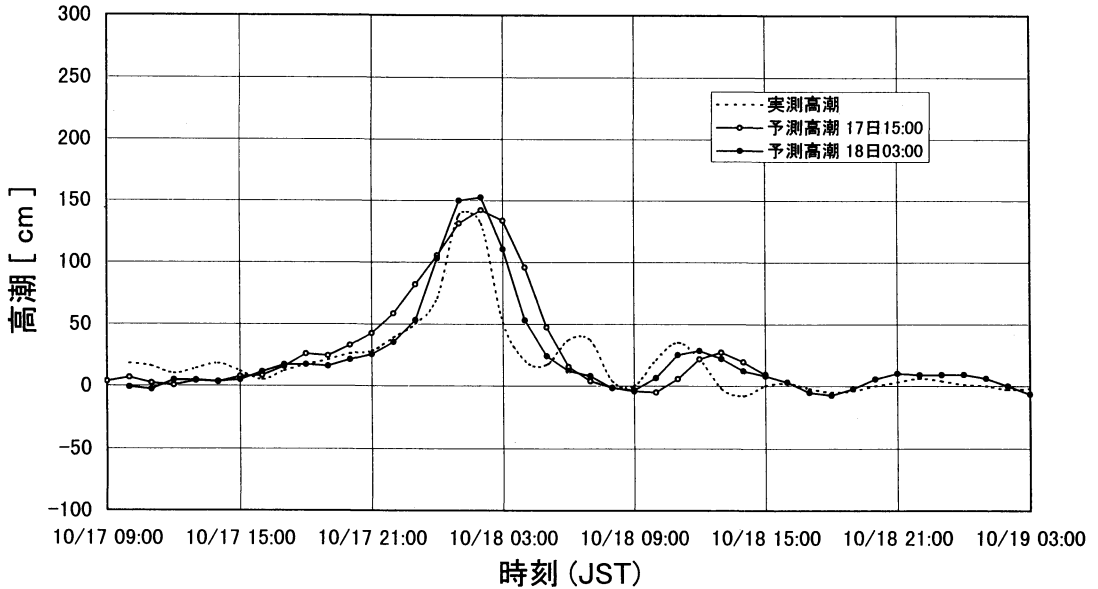
予測された高潮と実際の高潮を比較すると、台風接近前の予測により最大値の大きさ、その発生時刻、時間変化ともに正確に予測されている。これまでの経験式でも高潮の最大値はある程度の精度で予測できたが、高潮が最大となる時刻やその時間変化は予測できなかった。モデルの導入によって良い精度で高潮の発生する時刻を予測することが可能となった。この台風では数値モデルによる予測結果などから高い潮位になることが予想されたため、各地に高潮警報や注意報が発表された。

9月22日紀伊半島に上陸し日本海へ抜けた台風第7号が通過した際には、名古屋で22日16時に1.1 mの高潮が観測された。このときには、22日9時初期値の高潮モデルの計算結果を元に、1.9 mの高潮が15時に発生する予測が気象官署へ配信された。値は幾分大きなものが予測されているが、発生時刻は概ね正確なものであった。

4. おわりに

このように高潮数値予測モデルの導入によって、事前に各地方の各時刻での高潮の発生状況が詳細に予測

台風第9810号時の大阪での潮位偏差



第3図 台風第9810号通過時の大阪検潮所での高潮. 予測値を実線, 実測値を破線で示してある.

できるようになった. この結果を的確に用いることによって, より正確な高潮警報・注意報の発表が可能になると考えている. 一方, 小西 (1998) も述べているように, 現在のモデルでは, 台風内の風予測や外洋に面した港湾での高潮予測精度に一部問題が残されていることから, 気象庁ではさらに改善を進めることにしている.

なお, 本報告の原稿を書き上げた後, 台風第18号の高潮により八代海や周防灘海域を中心に死者を含む大きな被害が発生した. 本モデルによる結果は, 当該地域において高潮警報基準をこえる危険な潮位になることを予測し, 気象台からは高潮警報が発表された. 気象庁では, 10月4日から7日に八代海で発生した高潮の現地調査を実施した. その結果は, 今後の高潮数値予測モデルの改善に役立てることとしている.

参考文献

Fujita, T., 1952: Pressure distribution within typhoon, *Geophys. Mag.*, **23**, 437-451.
 気象庁, 1998: 潮位表, 高潮予報の参考資料, 283.
 小西達男, 檜垣将和, 1998: 数値モデルによる高潮予測とその精度について, *測候時報*, 65巻特別号, s31-s38.
 小西達男, 1998: 高潮災害の実態と予測に関する研究の現状, *沿岸海洋研究*, **35**, 169-176.
 Miyazaki, M., T. Ueno and S. Unoki, 1961: The theoretical investigations of typhoon surges along the Japanese coast (I), *Oceanogr. Mag.*, **13**(1), 51-75.
 宇野木早苗, 1993: 沿岸の海洋物理学, 東海大学出版会, 294-295.