

総合報告

数値モデルによる高潮の予報

檜垣将和*

Storm Surge Forecasting Using a Numerical Model

Masakazu HIGAKI*

Abstract

Japan Meteorological Agency routinely operates a numerical model to forecast storm surges since July 1998. This paper describes the method and specification of this model. Then we examine the results of simulation in case of Typhoon 9918 using the model. The results mostly correspond to the observed storm surges, while the model overestimates storm surges at some tidal stations. The overestimation probably results from the difference of wind field.

1. はじめに

気象庁では1998年7月から数値モデルを用いた台風時の高潮予測を現業的に行っており、この計算結果は各気象台等で高潮注意報・警報を発表するための支援資料として利用されている。ここでは、本モデルの計算手法や運用形態などの概要について述べる。

また、甚大な高潮災害を引き起こした1999年台風第18号について本モデルで計算した結果を示し検討する。特に被害の大きかった八代海および周防灘周辺の沿岸に着目して、実測値との比較等を行った。

2. モデル計算手法および諸元

本高潮モデルは、海洋の運動を表現する海洋モデルの部分と、海洋への外力としての気象の場を作成する台風モデルの二つから構成される。計算手法の詳細は小西・檜垣⁽¹⁾で述べられたものとほぼ同様であるので、こちらでも参照されたい。

海洋モデルは、鉛直方向を積分した2次元の運動方程式と連続の式からなる。運動方程式は簡単のため移流項を省略し線形化した浅水長波方程式を用いている。高潮の計算を行うにあたっては、天文潮も含めた潮位を直接計算することが望ましいが、任意の点での天文潮を算出するのは、その精度が現在の技術では不十分であるため、

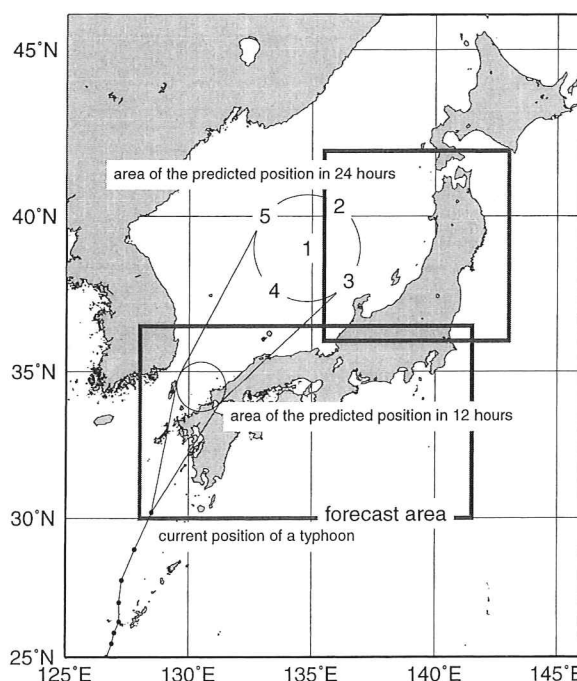


Fig.1 Forecast area of the storm surge model. Track of Typhoon 9918 is also included.

このモデルでは潮位偏差を計算の対象としている。

海水を駆動する気圧、風場を表現する台風モデルは、パラメトリックなモデルを使用している。気圧分布については藤田の式、風速分布については傾度風の関係式を用いる。さらに台風の進行方向左右での風の非対称性を表現するため、傾度風に台風中心の移動速度を重み付け

2000年11月30日受領 Received 30 November 2000

2000年12月15日受理 Accepted 15 December 2000

*気象庁気候・海洋気象部

*Climate and Marine Department, Japan meteorological Agency

して加えている。気象庁予報部が解析をおこなう台風の位置および強度に関する情報（最大風速，中心気圧，暴風半径等）は，過去の解析値については6時間毎，予報値については12時間毎に値が与えられる。これより10分毎に線形内挿した値を作成し，前出の気圧，風を表す式に当てはめることで，各時刻の気象の場を算出している。

モデルの計算領域は，関東から九州を含む領域と，東北を含む領域の二つからなる（Fig.1）。格子の解像度は緯度経度方向共1分（東西約1.6km×南北約1.8km）である。

数値積分は潮位偏差および海水の流速の初期値を0として，初期時刻の18時間前から開始し，24時間先までの予測値を算出している。台風の進路の違いによる高潮の発生状況の変化を見積もることができるように，Fig.1に示されるように，台風が予報円中心を通過する場合と予報円上の4点を通った場合の5つのケースについて計算を行っている。

3. 運用形態

本モデルは，00，06，12，18UTCを初期時刻として1日4回実行される。初期時刻の80分後にモデルは起動され，約15分後に計算結果が気象資料伝送網（L-ADESS）を通じて電文として各気象台，測候所に配信される。1999年9月当時は，電文はモデル領域内の142地点についての予測値を報じていた。電文の内容は24時間先までの3時間毎のTP潮位，潮位偏差と，5つの異なる台風進路毎に予測される最高潮位およびその起時であった。配信する予測潮位はモデルが予測した各地点の潮位偏差に，検潮所の観測記録を調和解析しそれを基にして別途求められた天文潮を加えた値としている。

なお，より詳細な高潮情報を提供するため2000年7月には，187地点について1時間毎の潮位および偏差の情報を配信するよう改善を行った。

4. 台風第9918号時のモデル計算結果

以上，現業的に使用されている高潮モデルの概要について述べた。ここでは，台風第9918号が九州から瀬戸内海西部を通過した23日21時から24日15時の18時間の台風情報をこのモデルに与え，計算した結果を実測値と比較し検証する。入力値として用いた台風情報は，23日21時，24日3時，9時，15時の観測に基づく事後の解析値である。

1) 最大偏差

Fig.2は，八代海および瀬戸内海西部の周辺について，高潮モデルの計算による潮位の最大偏差の分布を示したものである。Fig.2での最大偏差とは，18時間の積分期

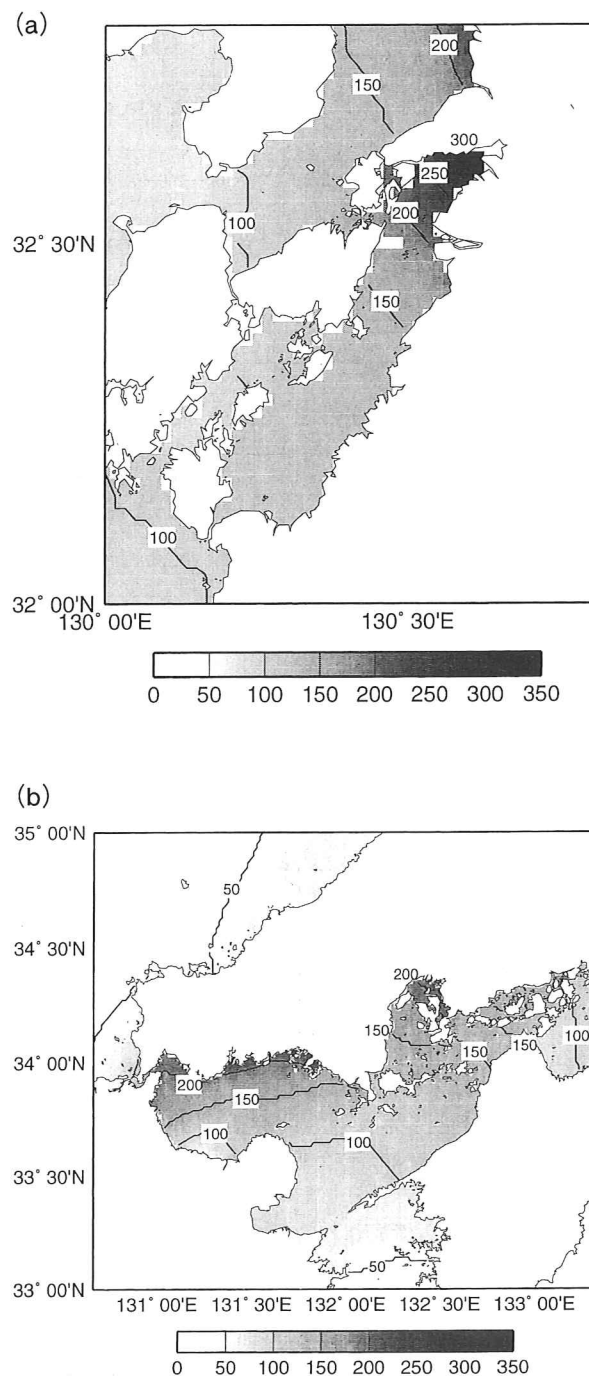


Fig.2 Distribution of peak surges (sea level deviation) simulated by the storm surge model.
(a) Yatsushiro Sea (b) West of the Seto Inland Sea.
unit : cm, contour lines are drawn every 50cm.

間内に各格子点で偏差が最大となったときの値である。

Fig.2(a)で八代海での高潮の様相を見ると，潮位偏差の分布は湾の南から北に向かうにつれ増大する傾向を示し，湾の最も奥の不知火町周辺では3mを越す値となってい

る。この偏差の値と八代検潮所での24日6時の天文潮がTP上約80cmであることから推定すると最高潮位はTP上約4mとなる。この値は気象庁⁽²⁾が実地踏査を行った結果得られた痕跡高とほぼ整合したものとなっている。

また、瀬戸内海西部の沿岸について示したFig.2(b)からは、山口県の周防灘に面した沿岸に沿って広く偏差2m以上の領域が広がっている様子が見て取れる。また、広島湾内においても偏差2m以上の領域が見られる。これらの地域は、浸水被害の多い地域と符合しており、この計算結果は、実際の被害の状況とよく対応していると考えられる。

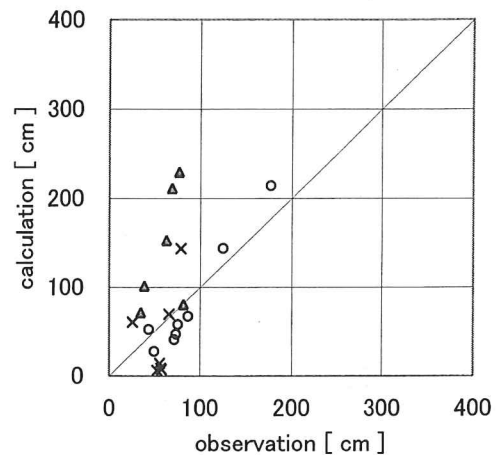
各検潮所で台風通過時に観測された潮位の最大偏差と、高潮モデルの計算による最大偏差を比較するためプロットしたものがFig.3(a)である。比較には、気象庁が検潮所で潮汐観測を行っている地点（一部他機関からデータ提供を受けた地点を含む）の内、実測値、計算値の少なくともいずれかが50cm以上である場合のデータを使用した。ここで使用する最大偏差の実測値は、観測潮位に平滑処理を施し波浪などの短周期の振動を除いた潮位から算出した偏差である。図中○で示された瀬戸内海沿岸の地点では、モデル計算値は実測値にほぼ整合した結果を示す。これに対し、有明海周辺の地点では、実測値50~100cmに対してモデル計算値が150~200cm以上と、最大150cm程度の大きな計算誤差を生じている。Fig.3(a)中では、△で示された計算値150cm以上の点がこれらの地点に相当する。

この誤差の原因を検討するため、モデルに与える風の場合としてアメダスの風の観測値を用いた場合の計算を行った。その結果の最大偏差をFig.3(a)と同様にプロットしたものがFig.3(b)である。通常、アメダスで観測される地上の風は地表の摩擦や地形の影響などで海上風より弱められており、アメダスの風を用いた高潮モデルの計算結果は過小評価になると推察される。しかし、有明海周辺の地点では実測値に近い値を示す結果となった。このことより、Fig.3(a)で用いた風の場合は、台風中心から西側にかけて実際より過大に表現されていたと考えられる。一方、八代海、周防灘等ではFig.3(a)の計算結果が実測値に比較的近い値を示すことから、台風の東側では高潮モデルの風に近い風が実際に吹いていたと推測される。台風風の非対称性が進行方向の左右で著しかったため、モデルでは台風中心から西側にかけて実際より風を強く表現し、有明海沿岸で潮位偏差を過大評価した可能性が考えられる。

2) 時系列の比較

八代海および周防灘周辺の地点について、実測値とモデルの計算値での偏差の時間変化を比較したものがFig.4である。実測値としては、10分毎の偏差読み取り値を使

(a)



(b)

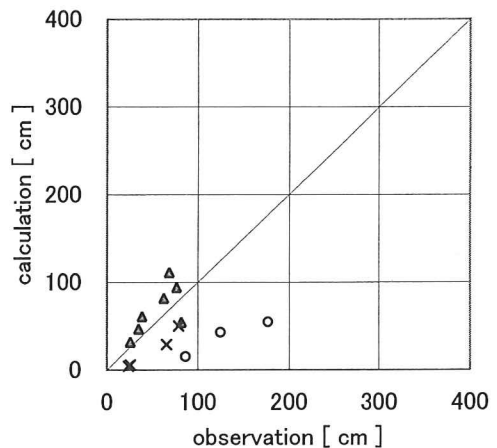


Fig.3 Comparison of observed peak surges with those calculated by the model at each tidal station.
(a) Result of simulation with the routine model.
(b) Result of simulation with wind field observed by AMeDAS (Automated Meteorological Data Acquisition System)
○denotes tidal stations along the Seto Inland Sea, △Kyushu district, ×other district.

用した。

・ 八代 (Fig.4(a))

観測値では24日4時40分頃から潮位偏差の急激な増加が認められるが、モデルの計算値においても同様の偏差の変化が現れている。最大偏差は、実測が6時00分に178cmであったのに対し、計算値では6時50分頃に208cmとやや遅い時刻になっている。また観測では8時20分頃に二度目の偏差のピークが認められるが、計算値は6時50分のピークを過ぎた後は一様に偏差が減少する傾向を示す点で相違が見られる。

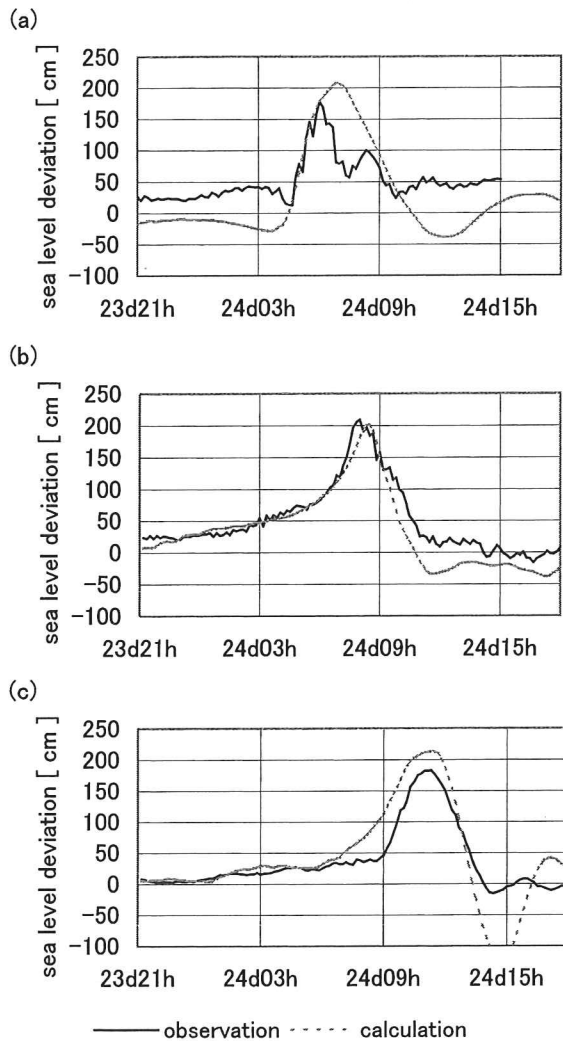


Fig.4 Comparison of observed time series of storm surges with those simulated.
(a) Yatsushiro (b) Ube (c) Hiroshima

・宇部 (Fig.4(b))

計算値の偏差の変化傾向は実測と比較的よく一致している。最大偏差も24日8時30分に201cmで計算されており、実測の8時00分209cmに比べ若干遅い起時になっているが近い値を示している。

・広島 (Fig.4(c))

ピークを過ぎるまでの偏差の変化傾向は、計算値で再現されている。最大偏差は実測が24日11時20分に183cmであったのに対し、計算値では11時30分214cmと30cm程度の過大評価で収まっている。しかし、計算値では台風通過後の15時前後にかけて-100cm程度の大きな負偏差を示す振動が現れているが、実測ではこの様に大きな振動は発生していない点が異なる。

5. まとめ

現業で使用している高潮モデルに解析値の台風情報を与え計算した結果、八代海、周防灘での高潮はおおむね再現された。従って、本台風による高潮は、風の吹き寄せと気圧の吸い上げの効果によってほぼ説明しうるものと考えられる。

ただし、九州西部の有明海沿岸等のように高潮モデルによる潮位偏差が過大評価となる地域もあった。実際の台風の東西での風の非対称性が著しく、台風中心から西側ではモデルの風の分布が実際の分布に一致していなかったことがその一因と推察された。

参 考 文 献

- (1) 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, 特別号, S31-38.
- (2) 気象庁 (2000) : 平成11年 (1999年) 台風第18号高潮災害調査報告, 気象庁技術報告, 印刷中