

1. 緒論

山口県の瀬戸内海側は高潮発生常襲地域である。近年では1999年の台風9918号が小野田市埴生地区や宇部市に甚大な被害を与えた。高潮災害から人命を守るためには迅速な避難行動が必要となるが、行政にとって避難勧告や避難指示の発表の判断は容易でなく、避難勧告・指示の判断を支援するシステムが必要になる。

2003年に三浦らにより支援システムの構築が行われている¹⁾。彼らは気象庁から発表される台風データを読み込み、高潮推算式を用いて県内の主要箇所での高潮を予測するシステムを構築した。しかしながら高潮推算式に含まれる係数は観測地で異なり、気象庁によって山口県内で決定された係数は下関市の弟子待のみである²⁾。つまり山口県内では下関市でしか高潮推算ができない。

これを受けて三浦らは新たに小野田、宇部、三田尻、徳山、安下庄、岩国において係数を決定した。係数の決定には台風により観測された気圧や風速、風向、潮位偏差のデータが必要となるが、しかしながらこれらが同時にそろっている地点は少ない。そのため、三浦らは提唱している地点以外の場所のデータを用いて欠測データを補填している。

そこで、本研究では三浦らのシステムに補強を図るべく、数値シミュレーションを行うことにより各地点での気象データを数値的に求め、それらの値を用いて各地点の係数の再決定を試みた。また数値シミュレーションであれば任意の場所のデータが得られるので、新しい場所の係数を決定することも可能である。よって上述の7カ所および新たに下松、光、柳井においても係数を決定した。

2. 潮位偏差の予測に用いた方法

2-1 高潮推算式

気象庁の提案した高潮推算式を以下に示す⁽¹⁾。

$$\Delta h = a \cdot \Delta p + b \cdot W^2 \cos \theta + C$$

ここで、 Δh は最大潮位偏差 (m)、 $\Delta p = (1010 - p)$ で p は最低気圧であり Δp は基準気圧からの偏差 (Pa)、 W は最大風速 (m/s)、 θ は最大風速の主方向 (degree)、 a 、 b は各地点で決められた係数、 C は砕波による効果であり本研究では無視する。本来この式は、台風通過時の最低気圧と最大風速（とその時の風向）を用いるので、それぞれ発生時刻は一致していなくても良い。しかし三浦らおよび本研究では台風襲来時の同時刻ごとの気圧、風速、風向を用いてこの式に代入して各時間の潮位偏差を算出するよう使用した。

2-2 数値シミュレーション

気圧場、風速場は Mayer の台風モデルを用いて、高潮計算には浅水方程式を有限体積法で数値的に解いて求めた。今回は台風9918号が九州に上陸してから山口県を抜けるまでの47時間(1時間毎)の中心位置、中心気圧、台風の半径のデータを気象庁から入手して計算を行った。この台風データを時間毎に式に代入することで算出地点の気象データ(気圧、風速、風向)と潮位偏差を時系列で出力できる。この値を本研究では数値シミュレーション値と呼ぶことにする。

数値シミュレーションでは、ある地点の実測の高潮偏差と適合するように海面の抵抗係数 c_d を調整すると、別の地点の適合性が悪くなる場合があった。そこで、地点毎に最適な抵抗係数を試算的に決定し、これにより得られた気象データおよび潮位偏差を用いて係数 a 、 b を求めた。

3. 重回帰分析

高潮推算式の係数 a 、 b を求める方法は、三浦らと同様に重回帰分析により行った。重回帰式を式(1)として、説明変量を Δp と $W^2 \cos \theta$ 、目的変量を Δh として目的変量の説明変量に対する変動を行列で表し、それを解くことで係数 a 、 b を求めることができる。本研究では、これらの変量に数値シミュレーションにより求めた気圧、風速、風向、潮位偏差データを用いて分析を行った。

4. 計算結果の検証

気象庁から入手した潮位偏差のデータに関しては宇部、三田尻、徳山、岩国でデータがあるため、これらの地点において予測した潮位偏差との比較・検証を行った。予測潮位は3パターンとして、数値シミュレーション値と高潮推算式で求めた潮位偏差(三浦らおよび本研究の係数)で比較した。高潮推算式の気圧、風速、風向の値には数値シミュレーション値を用いて、係数 a, b は三浦らと本研究で求めた場合でそれぞれ示した。

図-1、図-2は宇部と三田尻での実測潮位と予測潮位の検証結果であり、台風9918号が九州に上陸してから山口県を抜けるまでの9月23日0時から24日23時までの47時間で示している。標準的な海面の抵抗係数 c_d は0.0026より、それを種々変えて計算を行って実測潮位に予測潮位がより適合するよう調整し、各観測地で最適な c_d を便宜的に求めた。なお、最適な抵抗係数の決定は、本研究の係数を用いて高潮推算式により求めた潮位偏差が実測潮位と最も適合した時とした。

図-1は宇部における実測潮位と予測潮位の検証結果である。様々な抵抗係数により検証した結果、宇部では抵抗係数を通常の5.5倍($c_d=0.0143$)にした場合に実測潮位と予測潮位が最も適合した。特に潮位偏差が上昇し始めた24日0時から最大潮位偏差となる24日8時までの範囲で良い適合性を見ることができた。したがって、この時の係数 $a=3.19$ 、 $b=0.23$ を宇部の高潮推算式の係数として提案する。

図-2は三田尻において実測潮位と予測潮位が最も適合したときの図であり、このとき抵抗係数は通常の5倍の $c_d=0.013$ である。この図より、数値シミュレーションの値と本研究の係数を用いて高潮推算式で求めた予測潮位は、実測潮位に対して良く適合していることから、このときの係数 $a=2.962$ 、 $b=-0.159$ を三田尻の高潮推算式の係数として提案する。

同様に徳山、岩国に関しても抵抗係数を調整して係数 a, b を決定した。実測潮位のない観測地については、下関と小野田は宇部と同じ抵抗係数とし、下松、光、柳井、安下庄は徳山と同じ抵抗係数を用いて計算した結果よりそれぞれ係数 a, b を求めた。

各観測地で決定した高潮予測式の係数 a, b は表-1に示した。

5. 結語

今回の研究では台風9918号のデータのみで決定した係数であり、あらゆる台風に対応できる値ではない。よって今後は台風の進路や半径を変えて同様に分析を行い、あらゆる台風に対する係数の場合分けをする必要がある。

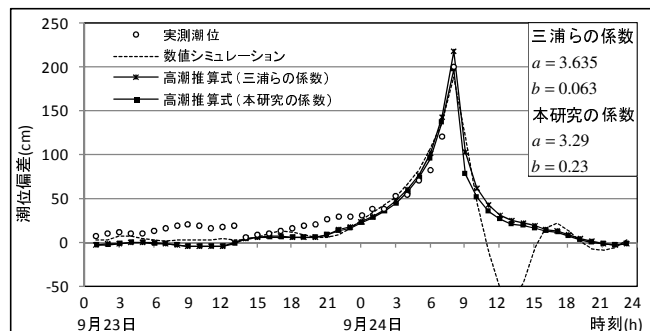


図-1 宇部において $c_d=0.0143$ で計算した結果

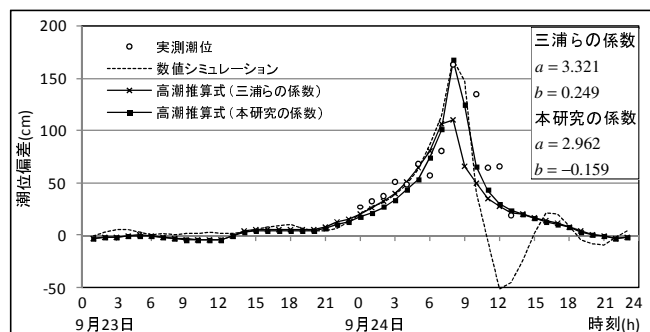


図-2 三田尻において $c_d=0.013$ で計算した結果

表-1 各観測地で決定した係数 a, b

	a	b
下関	1.828	-0.004
小野田	3.167	0.264
宇部	3.29	0.23
三田尻	2.962	-0.159
徳山	0.754	-0.635
下松	1.289	-0.399
光	0.934	-0.418
柳井	1.657	-0.173
安下庄	1.52	-0.062
岩国	3.792	-0.259

参考文献

- 1) 山口県土木防災情報システムの高度利用法に関する研究，共同研究報告書，2003
- 2) 宮崎正衛：高潮の研究，2003