

大阪湾における可能最大高潮モデルを用いた高潮評価の高度化 Advanced Storm Surge Height Evaluation Using Maximum Potential Storm Surge Height Model in Osaka Bay

○鈴木 悠一郎・森 信人・志村 智也・宮下 卓也

○Yuichiro SUZUKI, Nobuhito MORI, Tomoya SHIMURA, Takuya MIYASHITA

This study shows the improvement of the maximum potential storm surge (MPS) method and the verification result of the MPS evaluation in Osaka Bay. In this study, the reproduction results of storm surges that have reached steady state conditions with JAGURS and coastline characteristics are adopted in the MPS model. The reasons for adopting them are to calculate the variation of storm surge height due to the characteristics of coastal topography and the worst-case wind-induced effect. We then compared the storm surge heights calculated by JAGURS and the improved MPS method in Osaka Bay. The results didn't show much difference depending on the location. However, we got the good result that the storm surge height of the MPS model is higher than that of JAGURS at all locations. (128words)

1. はじめに

昨今の気候変動に伴い、台風強度および高潮のハザードに関する長期評価は災害対策や護岸設計において重要である。

特に気候変動予測において、台風はその強度が強まることが示唆されている。その中で、台風の特性変化を大きく受ける高潮は、深刻な浸水被害をもたらすため、その評価は重要である。しかし、高潮は台風と比較して災害イベント数が極端に少なく、その評価が難しい。

高潮に対する長期評価のアプローチの1つとして、森らは高潮の強度のみに注目して、気候モデルで計算される気候場から起こりうる最悪ケースを仮定した可能最大高潮偏差 (Maximum Potential Storm surge height: MPS) モデルを開発した。しかし、森らのモデルでは湾軸の定義が主観的になっていた。そこで、伊藤らは湾軸の客観的な決定方法を用いた MPS モデルの高度化を行った。しかし、これらには海岸線の特徴が導入されていないため、湾の形状等が正しく評価されておらず MPS モデルの改善の余地がある。

そこで、本研究では MPS の計算に海岸線の特徴や湾の形状を取り入れた MPS モデルの改良を行い、大阪湾を対象として改良後の MPS モデルの評価を行う。

2. MPS モデル

MPS モデルでは、高潮の吸い上げ効果と吹き寄せ効果についてそれぞれ評価する。

吸い上げ効果には、大気圧変化とブラウンドマン共鳴を考慮する。気圧波の速度 V_T が湾内の長波速度 C に近いときに共鳴効果のために水位が最も高くなる。これを踏まえて Myers の気圧分布式を仮定した水位変動を考える。その際に $V_T = C$ を仮定した水位変動を考えると最悪ケースの吸い上げ効果による高潮偏差 ζ_p が求められる。

吹き寄せ効果は、岸に向かって風が長時間吹き、定常に達した状態を考える。風の海面に働く応力と海底応力、圧力傾度力の釣り合いを考え、湾軸に平行に台風の最悪経路を仮定し、以下の式を用いて ζ_w の推定を行う。

$$\begin{aligned}\zeta_w &= K_3 \frac{\rho_a}{\rho_w g} U^2 \\ K_3 &= K \int_{x_{start}}^{x_{end}} \frac{1}{h(x)} dx \cdot C_D \\ C_D &= \begin{cases} (1.29 - 0.024U) \times 10^{-3} & (U < 8\text{m/s}) \\ (0.581 + 0.063U) \times 10^{-3} & (8\text{m/s} \leq U) \end{cases}\end{aligned}\quad (2.1)$$

ここで、 ρ_a は空気密度、 ρ_w は海水密度、 g は重力加速度、 U は海上での風速、 K は湾定数、 C_D は本多・光易の式による海面の抵抗係数、 x_{start} 、 x_{end} はそれぞれ湾上で仮定した水路の湾口部分と湾奥部分を表す。

そして、吸い上げ効果と吹き寄せ効果のそれぞれ

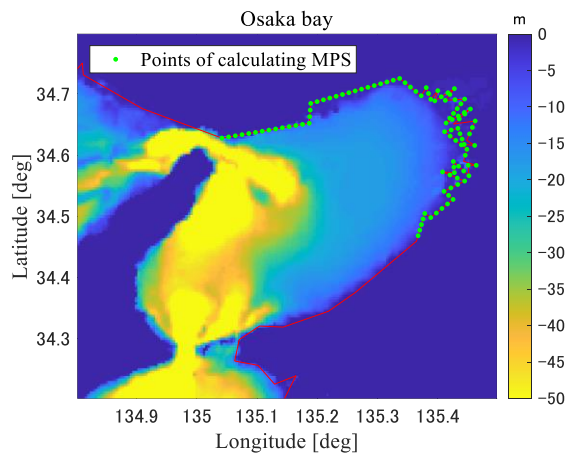


図 1 検証地点

の和をとって高潮偏差 ζ とする。

以上のフレームワークをもとに MPS を計算するため、地形データとして GEBCO_2024Grid、海岸線のデータとして GSHHS を使用した。また、吹き寄せ効果推定の際の湾定数の算出に JAGURS での高潮計算の結果を使用した。

また、モデルの改良を行うにあたって検証範囲を大阪湾に限定して行った。具体的には、図 1 の緑の点で表されているように、大阪湾湾奥部の海岸線上で 1km ごとに 99 地点設定し、それぞれの地点で高潮偏差の検証を行った。

3. MPS モデルの改良

(1) JAGURS による高潮の再現

MPS モデルでは、吹き寄せ効果の最大値として、与えられた風速に対して定常に達した状態を考える。しかし、これまでの研究では利用可能な非定常計算結果を用いて最適化を行っており、理論に適した定常状態考えられていない。そこで、本研究では、理論に適合するように風速 10, 20, 30, 40m/s 毎に、風向は東を 0 度とし、反時計回りに 45 度ごとに 8 方位設定し、それぞれのパターンについて、高潮モデル JAGURS を用いて吹き寄せ効果のみを考慮した最適化データを作成した。

また、JAGURS によって再現された吹き寄せ効果による水位偏差を用いて湾定数 K の算出を行い、それを用いて ζ_w の推定を行った。

(2) 湾軸の決定方法

式(2.1)をもとにした高潮偏差の評価では、海底地形の効果を適切に評価することが重要である。式(2.1)では、水深の逆数の値が吹き寄せ効果には大きく影響を与える。そこで、海岸線に沿った代

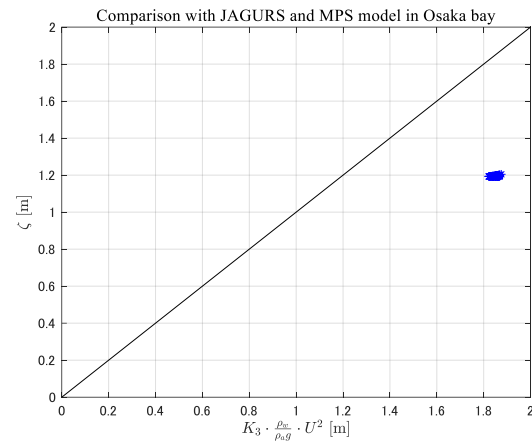


図 2 数値計算結果と MPS モデルの比較

表地点毎に、与えられた海底地形から最大の吹き寄せ効果を自動的に算出するアルゴリズムを構築した。

具体的には、先に示した海岸線上の点を中心として東向きを 0 度として基準にし、反時計回りで 45 度ごとに吹き寄せ効果の発達しやすい湾軸を各 8 本ずつ決定した。具体的な決め方は、海岸線上の点を湾奥として設定し、湾軸を反時計回りに 1 度ごと回転させ、湾口に向かって水深の逆数の積分を行い、その値が最大値をとるものを吹き寄せ効果の発達しやすい湾軸として決定した。

4. 数値計算結果との比較

検証地点において風速 46.5m/s、風向が 45 度(南西)の条件で MPS モデルによって算出された高潮偏差と JAGURS による高潮偏差の比較の結果を図 2 に示す。縦軸に JAGURS で算出された MPS を横軸に MPS モデルによって算出された MPS を示す。可能最大を考えるという点において、MPS モデルによる結果が JAGURS によるものを全地点において上回っており、良好な結果が得られたといえる。

5. まとめ

本研究では、MPS モデル中に湾の特徴や定常状態を再現した影響を取り入れるといった改良を行うことで高潮評価の高度化を行った。今回検証を行った大阪湾では、海岸線に設定した地点ごとでの MPS の差はあまり見られなかった。しかし、いずれの地点でも JAGURS よりも大きい MPS の値を示し、従来のモデルにあった湾の決定方法が主観的であるという課題を改善できた。