

## 台風最大の潜在強度にもとづく高潮偏差の長期変動評価 Long-Term Assessment of Storm Surge Height Based on Typhoon Maximum Potential Intensity

森 信人・○有吉 望・安田誠宏・間瀬 肇

Nobuhito MORI, ○Nozomi ARIYOSHI, Tomohiro YASUDA, Hajime MASE

This study developed an integrated model of long-term assessment for storm surge height based on typhoon maximum potential intensity (MPI) and simplified storm surge modeling. Climatological parameters were related to explanatory variables of storm surge. Storm surge caused by Typhoon Vera (1959) was analyzed for validation, and sensitivity analysis found that the most sensitive parameter is wind speed for the integrated model. Then, we calculated maximum possible storm surge height of three major bays in Japan by applying both present and future climate condition. If global warming is represented by sea surface temperature (SST) rise only, sensitivity of storm surge height against SST is about 0.9-1.5 m/°C for these bays.

### 1. はじめに

地球温暖化によって台風およびそれに伴う高潮の強度が増加することが示唆されている。そのため、温暖化の進行に合わせて将来の台風活動や高潮の長期評価を行うことは重要である。しかし、特定の場所における過去の高潮の観測数は極端に少なく、高潮と気候システムの長期的関係の把握は非常に困難となっている。また、力学モデルを用いて長期間の高潮評価を行うためには、長期間の気象外力が必要であり、高潮計算のための計算負荷も大きな障害となる。したがって、高潮の長期評価のために、将来台風強度、高潮の可能最大値までを気候場から統一的に算出する手法の開発が必要となる。本研究では、台風の最大潜在強度 (Maximum Potential Intensity; MPI) の理論にもとづき、台風の気候学的なマクロ指標と高潮の説明変数を関連付けた統合的評価手法の開発を行った。本手法を現在および将来気候に適用することで、気候場から最大台風強度および高潮偏差を算出し、その長期評価を行うことを目的とする。

### 2. 高潮偏差評価モデルの構築

MPI は、ある与えられた理想的な環境場において台風がどの程度まで発達しうるかの指標となる。ここでは、MPI を中心気圧の下限值として取り扱うこととし、Emanuel の MPI モデルを用いて計算を行った。気候値として JRA-55 および COBE-SST の月平均値を用いて、全球の MPI を計算した結果の一例を図 1 に示す。一般に、Emanuel のモデル

による MPI は海面水温 (SST) に強く依存することが知られている。図 2 に、全球の SST とその SST 下における MPI の収束値の対応関係を示す。

次に、台風の中心気圧の観測値と理論的な MPI の比較を行った。MPI の日本近海における空間平均値  $\overline{\text{MPI}}$  の時系列変化 (各年 7~10 月) を、同領域で観測された台風の平均中心気圧  $\overline{\text{Pmin}}$  とともに図 3 に示す。図 3 より、MPI は平均的台風強度の

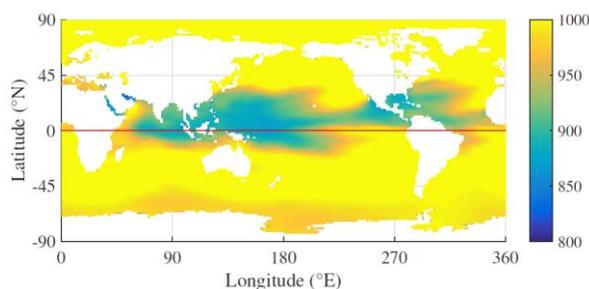


図1 MPIの全球分布の一例 (2014年8月, 単位hPa)

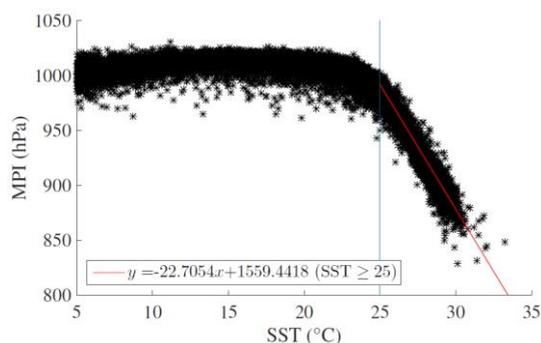


図2 大気海洋解析値にもとづく過去のSSTに対するMPIの感度分析 (\*: データ, 赤線: 25°C以上に対する線形近似)

下限値を概ねよく表していることがわかった。

MPI 理論にもとづき、最大風速は傾度風モデルにより決定することができる。推定された可能最低気圧および最大風速より、気圧低下による吸い上げ効果と風による吹き寄せ効果を簡単に評価する必要がある。ここでは、水深一定かつ断面一次元の理想地形を仮定することでそれぞれを独立に評価し、その和を高潮偏差の可能最大値とした。

### 3. 過去事象データの再現

前章で得た一連の推定法にもとづき、最大クラスである伊勢湾台風（1959年9月）の高潮偏差を対象に、過去データを解析し、簡単な比較を行った。1959年9月の気候値より、このときのMPIが944hPaのもと、高潮偏差は4.7mという結果が得られた。これは、観測値3.5mより1m以上大きな値である。そこで、MPI、台風の移動速度、海上風速それぞれの推定誤差に対する高潮偏差の感度分析を行い、本モデルでは海上風速の推定に対する高潮偏差の感度が最も大きいことがわかった。

### 4. 高潮偏差の長期評価

#### (1) 現在気候の評価

7～10月の月別平均気候値（1975～1999年平均）を作成し、過去の長期的な可能最大高潮偏差を月平均MPIから評価した。表1に、日本の三大湾に対する結果をまとめて示す。表1より、三大湾の中で可能最大高潮偏差が最も大きいのは大阪湾で、最も小さいのは東京湾であることがわかる。さらに、いずれの湾においても9月で高潮の危険性が最も高いことも読み取れる。これらの傾向は、過去の研究結果や観測事実と一致する。このことから、本研究の手法により、湾ごとの可能最大高潮偏差の変動や最大値および気候値との関係を定性

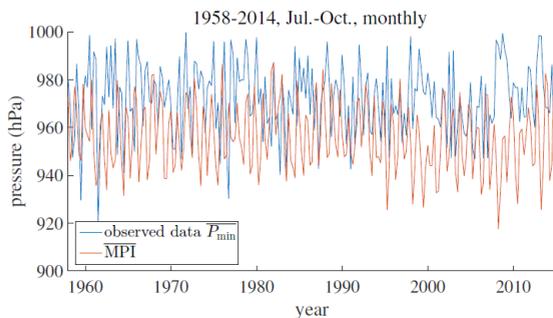


図3 日本近海における7～10月のMPIと台風の平均中心気圧 $\overline{P_{min}}$ の年変化

的に把握できることがわかった。

#### (2) 将来気候への適用

本手法は、温暖化時の気候値が与えられれば、将来気候へも適用可能である。そこで、前項で作成した月別平均気候値にSSTの将来変化を加え、三大湾の高潮偏差の将来変化予測を行った。SSTの将来変化量には、CMIP5のマルチモデルアンサンブル値を用いた。RCP4.5におけるSSTと可能最大高潮偏差の将来予測結果を表2に示す。表2より、SSTの将来変化は、高潮偏差に非常に強く影響することがわかる。実際、表1と表2から、日本の三大湾におけるSSTに対する高潮偏差の感度は、約0.9～1.5m/°Cであることがわかった。

### 5. 結論

本研究では、大気と海洋の気候場から高潮偏差までシームレスに長期評価する手法を開発した。台風の最大潜在強度(MPI)から推定される可能最大高潮偏差には様々な誤差が含まれるが、その傾向を気候値から解析可能とした。今後は、過去の高潮観測データを用いたより詳細な精度検証が必要である。さらに、複雑な地形の影響等を評価に組み込むことで、精度の向上を目指す。

表1 現在気候における三大湾の可能最大高潮偏差（単位m）

	東京湾	伊勢湾	大阪湾
7月	2.0	2.7	3.0
8月	3.2	4.1	4.2
9月	3.4	4.3	4.3
10月	2.4	3.1	3.3

表2 CMIP5モデルアンサンブルにもとづくRCP4.5におけるSSTと可能最大高潮偏差の将来予測結果（[ ]内は不確実性の幅）

#### (a) 日本近海における将来SST昇温量（単位°C）

	1.64 [0.64, 2.83]
7月	1.64 [0.64, 2.83]
8月	1.62 [0.82, 2.60]
9月	1.61 [0.88, 2.44]
10月	1.59 [0.73, 2.72]

#### (b) 将来の可能最大高潮偏差（単位m）

	東京湾	伊勢湾	大阪湾
7月	3.7 [2.6, 5.0]	4.8 [3.5, 6.5]	5.0 [3.7, 6.5]
8月	5.0 [4.1, 6.2]	6.4 [5.3, 7.8]	6.4 [5.3, 7.8]
9月	5.2 [4.3, 6.2]	6.6 [5.5, 7.8]	6.5 [5.5, 7.7]
10月	4.0 [3.1, 5.3]	5.0 [3.9, 6.6]	5.1 [4.1, 6.6]