

第Ⅱ部門

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に関する研究

京都大学工学部	学生員	○有吉 望
京都大学防災研究所	正会員	森 信人
京都大学防災研究所	正会員	安田 誠宏
京都大学防災研究所	正会員	間瀬 肇

1. はじめに

地球温暖化によって台風の強度が増加することが示唆され、台風に伴って沿岸域を襲う高潮のリスクも増大することが懸念されている。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極めて重要である。しかし、高潮は、対象とする湾に対する台風経路に大きく依存するため、周辺の環境場からの影響を強く受ける台風以上に過去の観測数が少なく、その定量的な評価は難しい。したがって、高潮と温暖化との関係について、定性的な傾向を把握する手法が求められる。そこで、本研究では、台風の最大潜在強度理論 (Maximum Potential Intensity; MPI) に着目し、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て評価する簡易手法を開発した。気候場の将来変化から、台風強度および高潮偏差の将来変化をトータルに算出し、その長期評価を行うことを目的とする。

2. 検討方法

台風が与えられた環境場で発達できる限界点のことを MPI といい、台風の中心気圧の下限値として定められる。MPI 理論にはこれまで様々なモデルが提唱されているが、ここでは Emanuel のモデルを用いた。また、高潮の主な発生原因は、気圧低下による吸い上げ効果と風による吹き寄せ効果であると定め、宇野木による理論的考察にしたがって、水深一定かつ一次元の簡単な地形に対して両者を独立に評価した。その際、吸い上げ効果には台風の移動も考慮した動力学平衡を、吹き寄せ効果には岸向きに風が長時間吹き続いた定常状態を考えた。特に、吹き寄せ効果 ζ_w に関しては、風速 U の二乗に比例するとされ、湾ごとの定数 k を用いて $\zeta_w = kU^2$ のように定式化される。定数 k の決定には、確率台風モデルで計算された台風を外力として、高潮の力学モデルを用いて計算された高潮偏差を利用した。各湾 100 個の台風について、最低気圧および台風の移動速度から推定される吸い上げ効果分を最大高潮偏差から引き、最大風速の二乗との関係を調べた。本研究では、日本の三大湾を対象としたが、ここでは伊勢湾の結果を図 1 に示す。プロットした点のうち、原点から引いた直線の傾きが大きくなる上位 5 つの平均により、定数 k を決定した。上記の定式化をまとめて、MPI から高潮偏差までシームレスに評価可能とした。

3. 過去データの解析

高潮偏差推定式にもとづき、過去データの評価を行った。まず、観測至上最大の高潮をもたらした伊勢湾台風の高潮を評価した。1959 年 9 月の気候値を用いた計算により、MPI が 944hPa のもと、高潮偏差は 4.74m という結果となった。これは、観測された高潮偏差 3.5m より 1m 以上大きい値である。ここで考えられる誤差は、(1) 台風が MPI に到達しない誤差、(2) 台風の移動速度の与え方、(3) 海上風速の経験式の推定精度、(4) ここでは考慮していない複雑な地形の効果、(5) 大きい高潮を対象とした力学的高潮モデルの計算結果を用いた定数 K の決定の仕方、の 5 点に依存すると考えられる。

特に、定数を決定した際に、過去最大よりも大きな高潮を対象とした力学モデルによる計算結果によって定数を決定したため、その値による過去データの評価は過去最大よりも大きくなりうる。

続いて、7-10月の月別平均気候値（1975-1999年平均）を作成し、高潮ポテンシャルの評価を行った。ここで、高潮ポテンシャルは、MPIから推定される高潮の強度とする。表1より、三大湾の中で最も高潮の発生に対する偏差が大きいのは大阪湾であること、いずれの湾でも9月の高潮の危険性が年を通して最も高いことがわかり、これは従来の研究や観測結果と一致する。したがって、本研究の評価方法により、高潮ポテンシャルの傾向を定性的に理解できる。

4. 将来高潮ポテンシャルの簡易予測

月別平均気候値にSSTの将来変化のみを加えて、高潮偏差の簡易的な将来変化予測を行った。RCP4.5における結果を表2にまとめて示す。表2から、高潮ポテンシャルは、温暖化に非常に敏感に反応することがわかる。実際、SSTに対するMPIの感度分析およびMPIに対する高潮偏差の感度分析の結果、感度はそれぞれ23hPa/、0.05m/hPaとなり（図2および図3）、単純に考えると、日本の三大湾におけるSSTに対する高潮偏差の感度は、約1.15m/ であるといえる。

5. まとめ

導入した高潮推定式にMPIを代入することによって推定される高潮偏差には様々な誤差が含まれるが、高潮ポテンシャルの傾向を定性的に理解できるといえる。このような簡略化された推定式にもとづく知見は、複雑な数値モデルによる結果を解釈する上でも有用である。

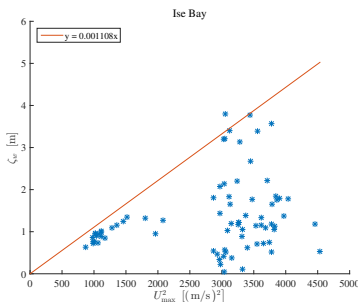


図1: ζ_w と U^2 との関係 (*: 高潮の力学モデルによる高潮推算結果, 実線: 推定した k による比例直線)

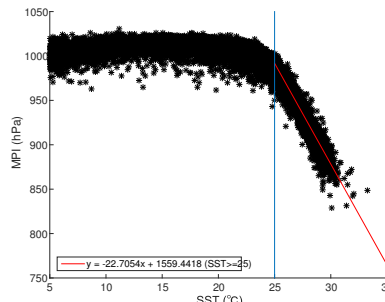


図2: SSTに対するMPIの感度分析 (*: データ, 実線: 線形近似)

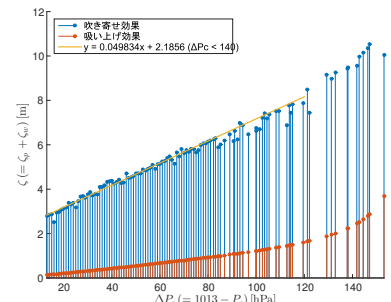


図3: MPIが変化したときの高潮偏差の感度分析

表1: 三大湾の高潮ポテンシャル [m] 表2: 将来の高潮ポテンシャル [m] ([] 内は不確実性の幅)

	東京湾	伊勢湾	大阪湾
7月	2.0	2.7	3.0
8月	2.2	3.1	3.2
9月	2.7	3.8	3.8
10月	2.1	2.8	3.0

	東京湾	伊勢湾	大阪湾
7月	3.7 [2.7, 5.0]	4.8 [3.5, 6.5]	5.0 [3.7, 6.6]
8月	4.0 [3.1, 5.1]	5.3 [4.1, 6.6]	5.4 [4.3, 6.6]
9月	4.6 [3.7, 5.5]	6.2 [5.0, 7.3]	6.0 [5.1, 7.2]
10月	3.5 [2.7, 5.0]	4.5 [3.6, 6.2]	4.6 [3.7, 6.3]

参考文献

- 1) Bister M., and K. Emanuel (2002): Low frequency variability of tropical cyclone potential intensity, 1, Interannual to interdecadal variability. J. Geophys. Res. 107(D24), 4801, doi:10.1029/2001JD000776.
- 2) 宇野木早苗 (1972): 日本の高潮, 1972年度水工学に関する夏季研修会講義集. 水工学シリーズ, No. 72-B-3, 土木学会水理委員会