

# 気候変動の影響による東京湾の 再現期間別高潮浸水の変動に関する一考察

## A preliminary study on change of storm surge inundation by return period along Tokyo Bay coast due to climate change

○久松 力人<sup>1,2</sup>, 金 洙列<sup>3</sup>, 多部田 茂<sup>1</sup>  
Rikito HISAMATSU<sup>1,2</sup>, Sooyoul KIM<sup>3</sup> and Shigeru TABETA<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 東京大学大学院 新領域創成科学研究科  
Graduate School of Frontier Science, The University of Tokyo  
<sup>2</sup> MS&ADインターリスク総研株式会社  
MS&AD InterRisk Research & Consulting, Inc.  
<sup>3</sup> 鳥取大学大学院 工学研究科社会基盤工学専攻  
Department of Engineering, Tottori University

According to Task Force on Climate-related Financial Disclosures(TCFD), increasing of insurance premiums for assets in high-risk areas, and difficulty of insurance arrangements due to climate change are expected. This research simply evaluates low-frequency storm surges because of climate change in Tokyo Bay. First, storm surges for 10,000 years in current climate are estimated stochastically by empirical formula and numerical model. Second, storm surge due to representative typhoon in future climate are calculated. Finally, results of each calculation are compared.

**Key Words :** Storm surge, Climate change, Return period, Tokyo Bay, Inundation depth

### 1. はじめに

金融安定理事会は2015年に、気候関連財務情報開示タスクフォース (TCFD) を設置し、2017年にはTCFD提言が公表された。この提言では、気候関連のリスクを移行リスクと物理的リスクとに大別しており、後者は気候変動が顕在化することによるリスク、例えば台風や洪水による資産の直接的な損害等が挙げられる<sup>1)</sup>。また潜在的な財務的影響として、高リスク地域にある資産の保険料の増加、保険手配の困難化が予想される<sup>2)</sup>。気候変動により、台風の強度増加と海面上昇が予想される中、高潮リスクの精緻な評価が求められており、澁谷ら<sup>3)</sup>は資産が集中する東京湾について気候変動を考慮した高潮の評価を実施した。しかし、気候変動を考慮し、かつ保険手配に必要な確率論的な評価の研究の蓄積は少ないことが課題である。そこで本研究では、現状の気候をベースにした確率台風モデルを援用し、東京湾において低頻度の高潮が気候変動によりどう変化するかを簡易的に評価する。

### 2. 研究材料と研究方法

本研究では、まず東京湾における1万年間分の高潮を推定し、浸水面積と再現期間を結びつける。その後、代表再現期間の浸水面積をもたらす台風諸元と海面水位とを変更して気候変動の影響を加味した上で、数値解析を再度実施し、現在気候と21世紀末気候との浸水の変化を考察する。本研究の手順を図1に示す。

第一に、Nakajoら<sup>4)</sup>の確率台風モデルで計算された1万年間分の台風諸元を入力値として、高潮経験式<sup>5)</sup>により東京(晴海)における高潮偏差を推定する。第二に、規模の大きい高潮は、経験式では再現性が低いことが指摘されているため<sup>6)</sup>、東京における高潮偏差の上位200台風のみを対象に、金ら<sup>7)</sup>により開発された高潮数値モデル SuWAT (Coupled model of surges, waves, and tides)を用いて再計算する。第三に、経験式と数値モデルにより計算された東京における高潮偏差に、気象庁の60分潮

の調和定数<sup>8)</sup>を用い、計算された天文潮位を加算することで水位を推算する。これらの水位を大きい順番に並び替え、上位200台風のうち前述の数値モデルによる解析に含まれていない台風を対象に、数値解析を行う。第四に、得られた200台風の高潮浸水面積に対する再現期間を決定し、代表的な再現期間(50年, 200年, 1,000年, 2,000年)の台風を抽出し、気候変動の影響を考慮するため、数値モデルに用いる台風諸元を変更する。数値モデルで計算する代表台風を図2に示す。

Knutsonら<sup>9)</sup>は、強制放射力が4.2W/m<sup>2</sup>上昇すると、台風の中心気圧深度が14%上昇する結果を導いており、この結果と将来の強制放射力の推定値から、代表台風の中心気圧を推算する。またIPCC第五次報告書<sup>10)</sup>によると、21世紀末の海面水位は最大82cm上昇すると予想されており、代表台風の天文潮位に82cmを加えて計算する。台風半径は、本研究では変更しないこととする。

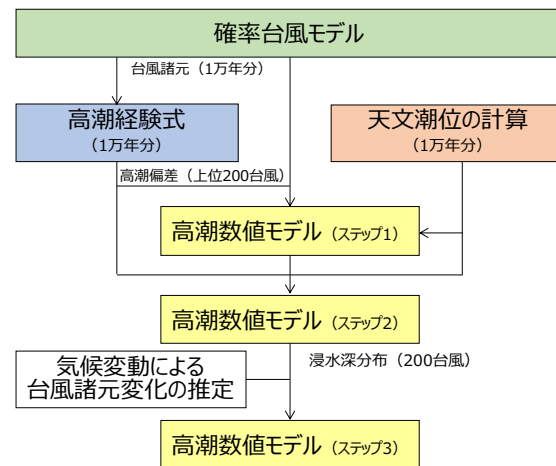


図1 研究手順

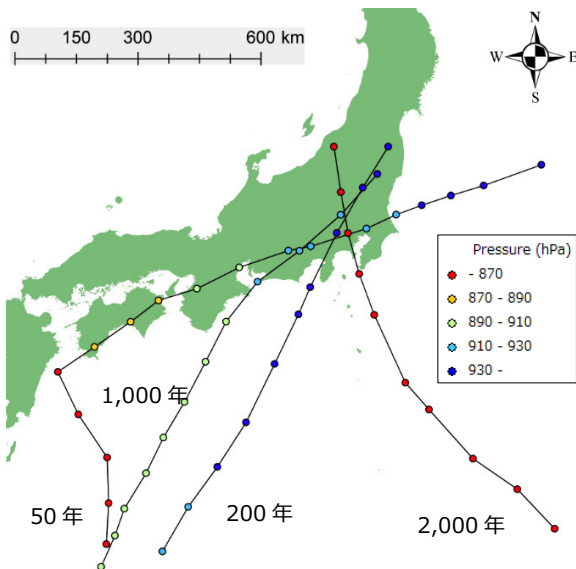


図2 抽出した代表台風

### 3. 研究結果

気候変動考慮前後の浸水深分布の比較例として、再現期間 2,000 年の代表台風の計算結果を図 3 に示す。気候変動を考慮すると、千葉市、市川市、船橋市、川崎市またその周辺で特に浸水範囲が拡大する結果となった。

気候変動前の条件による再現期間別浸水面積、およびその結果から 4 つの代表台風について気候変動を考慮した数値解析を実施して求めた浸水面積を図 4 に示す。気候変動考慮前に浸水面積が  $1.9\text{km}^2$  で再現期間が 50 年であったイベントは、気候変動による影響を考慮することで浸水面積が  $10.8\text{km}^2$  と 5 倍以上となった。この浸水面積は気候変動考慮前において再現期間が 500 年のイベントの浸水面積に相当する。同様に、気候変動考慮前で再現期間が 200 年だったイベントの浸水面積は、気候変動による影響を考慮すると、気候変動考慮前の再現期間 5,000 年のものに相当する結果となった。

### 4. おわりに

本報では、現状の気候をベースにした確率台風モデルを援用して、東京湾における高潮解析を行い、それらの結果と、代表台風について簡易的に気候変動の影響を考慮した解析結果とを比較した。代表再現期間の台風を対

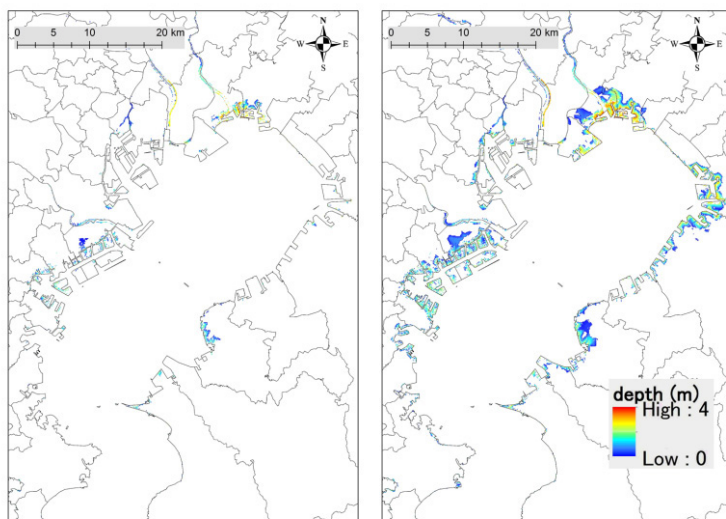


図3 浸水深の変化（左：気候変動考慮前，右：気候変動考慮後）

象に、現状気候による高潮の将来的な拡大、浸水面積の再現期間の変動が導かれた。総じて、現在気候における台風強度が将来気候に応じて強くなった場合、高潮の浸水面積は大幅に増加した。

本研究では、現在の気候における確率台風モデルを活用したが、将来気候に基づくモデルを使用することで、台風強度だけでなく経路の変化も考慮し、より精緻な、確率論的な高潮推算が可能になると考えられる。

### 参考文献

- 1) 株式会社インターリスク総研：RMFOCUS 第 63 号，pp17-23, 2017.
- 2) TCFD “Final Report Recommendation of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures”, pp10, 2017.
- 3) 澁谷容子，森信人，金洙洙，中條壮大，間瀬肇：狩野川台風のバリエーションに基づく東京湾の高潮と浸水範囲におよぼす気候変動の感度評価，土木学会論文集 B2（海岸工学），Vol.73, No.2, I\_1399-I\_1404, 2017.
- 4) S. Nakajo, N. Mori, T. Yasuda, H. Mase: Global Stochastic Tropical Cyclone Model Based on Principal Component Analysis and Cluster Analysis, Journal of Applied Meteorology And Climatology, Vol. 53, 1547–1577, 2014.
- 5) 社団法人日本港湾協会：港湾の施設の技術上の基準・同解説（上巻），pp122-123, 2007.
- 6) 安田誠宏，平井翔太，岩原克仁，辻尾大樹：伊勢湾と三河湾を対象とした高潮災害の集積リスク評価に関する研究，土木学会論文集 B2(海岸工学)，Vol.73, No.2, I\_241-I\_246, 2017.
- 7) S.Y. Kim, T. Yasuda, H. Mase: Numerical Analysis of Effects of Tidal Variations on Storm Surges and Waves, Applied Ocean Research, Vol. 30, No. 4, 311–322, 2008.
- 8) 気象庁：分潮一覧表 東京，<http://www.data.jma.go.jp/kaiyou/db/tidt/suisan/harms60.php?stn=TK&year=2017&tyea=2017>，2017。（最終閲覧日：2018/2/14）
- 9) Knutson, T.R. and R.E. Tuleya, Impacts of  $\text{CO}_2$  induced warming on simulated hurricane intensities and precipitation: sensitivity to the choice of climate model and convective parameterization, J.Climate, 17, 3477-3495, 2004.
- 10) IPCC, Climate Change 2014: Synthesis Report, pp13, 2014.

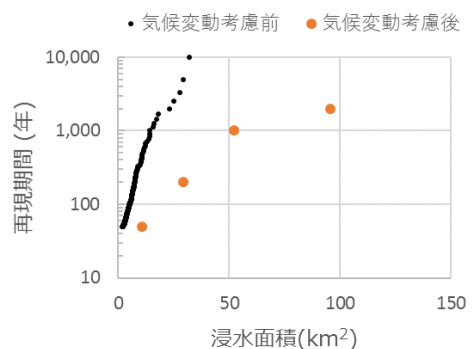


図4 浸水面積の変化