

津波・高潮・豪雨のマルチハザード計算システムの開発

課題責任者

有川 太郎

中央大学 理工学部

著者

白井 知輝*¹, 榎本 容太*¹*¹ 中央大学

キーワード：津波，高潮，豪雨，浸水計算，マルチハザード

1. はじめに

台風などの低気圧による高潮や豪雨、強風、高波浪、また、津波などの自然災害は単一発生であっても深刻な被害をもたらす。これまでに、台風・豪雨の予測精度向上や、津波による防護施設破壊のメカニズムについては、各研究者が様々な研究を行ってきた。しかし、自然災害の重畳現象についてはあまり検討されていない。例えば、豪雨時に発生する津波、台風による豪雨で発生した洪水(河川氾濫)と沿岸部での高潮などであるが、これらの重畳現象は確率的にも低いと考えられるため、避難などのソフト対策が望ましい。一方で、そのような重畳現象を検討する仕組みは、未だ確立しているとは言い難い。

そこで、本研究では、このような複合災害発生時の被害リスク(災害ハザード×災害脆弱性)検討のためには、豪雨や洪水、高潮、津波を複合的に予測・解析することがができるモデルの開発を最終目標とし、それに付随する様々な課題を解決していくことを目的とする。

2. 大気全球循環モデル(AGCM)を用いた高潮予測の可能性について[1]

熱帯低気圧(TC)によって駆動され、世界中の沿岸地域で発生する高潮には、数日から数ヶ月先の予測から気候変動による数十年の高潮リスクまで、さまざまな時空間スケールでの予測可能性に対する関心が高まっている。

全球的な高潮シミュレーションは一般的にコストがかかるが、コンピュータ性能の向上により実現可能になっている。

一方で、高潮は大気全球循環モデル(AGCM)内のTCの結果に敏感である。つまり、AGCM内のTCに大きな誤差がある場合、高潮の予測は意味をなさない可能性がある。最も重要な鍵の一つはAGCMの解像度である。全球の高潮予測のために今後数年以内に10 km 解像度のAGCMが使用されることが予想されるが、10 km AGCMのダウンスケーリングの必要性についてはまだ十分に研究されていない。

そこで本章では、10 km AGCMのTC予測性能と高潮シミュレーションへの適用可能性を検証した。A Weather Research and Forecasting (WRF) モデルと Model for Prediction Across Scales (MPAS) の2つのAGCMを使用する。これらのモデルは同じ基本方程式、すなわち完全圧縮性の非静力学オイラー方程式を使用している。これら二つのモデルの主要な違いは水平離散化のアプローチに

ある：WRFは有限差分法をLat-Lon座標系で使用するのに対し、MPASは非構造化ボロノイメッシュを用いた有限体積法を採用している(図1)。

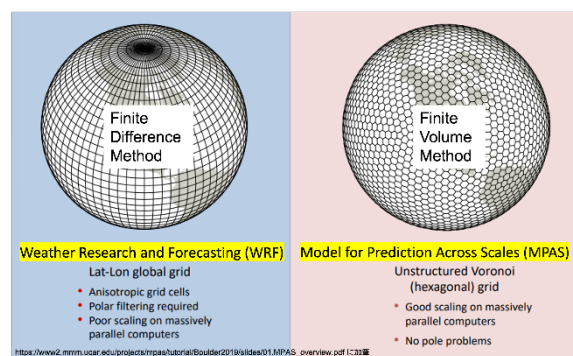


図1 WRFとMPASの違い

2019年の台風Hagibisで比較を行った結果について、次に示す。WRFとMPASはともにTCと高潮の予測に有効だった。グローバルWRFとMPASはTC Hagibisの進路を正確に予測し、わずか30kmの誤差であった。25km解像度であっても、大規模な流れを効果的に捉えていた。強度予測は異なり、WRFはグリッド解像度に敏感で、MPASは積雲パラメータ化スキームの影響を受けていた。両モデルはピーク時の高潮値を過小評価していたが、MPASはWRFより約10%高い性能を示した。上陸前の進路予測の改善により、MPASではピークタイミングの変動が半減した。

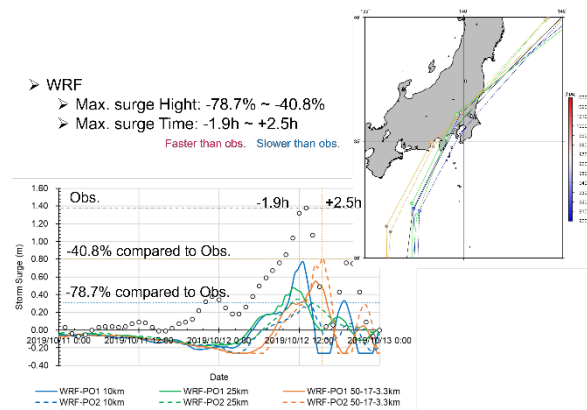


図2 WRFによる台風・高潮予測結果

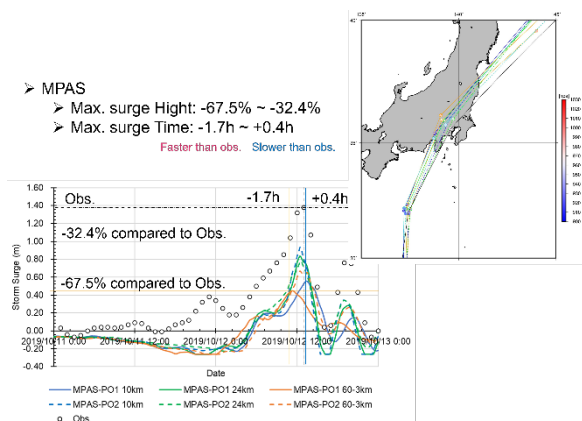


図3 MPASによる台風・高潮予測結果

3. 多数シナリオに基づく浸水リスク評価

台風の複数パラメータを同時に変化させる確率的な高潮リスク評価手法について検討した。東京湾を対象に、モンテカルロ法で生成した多様な台風に対し高潮推算を実施した結果、本手法を用いることで、既往研究で言及されることの多い危険経路パターンを概ねカバーできることを確認した。また、本検討の場合、200 ケースの数値計算で高潮超過確率分布が概ね収束した。次に、高潮再現期間評価を効率的に行うために、機械学習による数値計算の代替について基礎的検討を行った。200 ケース分の数値計算の入出力を学習させた機械学習モデルで約 5000 年分の仮想台風に対する高潮予測を行い、既往最大クラス高潮の再現期間の推定可能性を示した[2]。

そのうえで、その結果を用いて東京沿岸における高潮浸水への影響を検討した。本検討では、台風諸元と堤防条件を変化させた場合における浸水開始時間への影響の検証を目的とし、東京都の最悪想定より浸水開始時間が早くなる台風の有無と、浸水開始時間の空間的分布特性に着目した検討を行った。結果、浸水開始時間の分布特性は台風諸元よりも地形特性に敏感であることがわかり、東京湾奥部の西側や隅田川の湾曲部と分岐点が重なる地域などで浸水開始時間は早くなる傾向にあった(図4)。

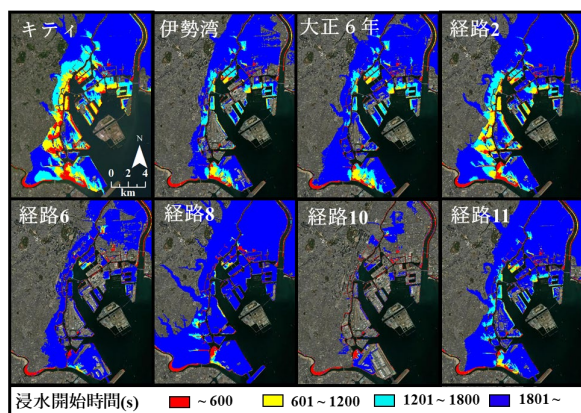


図4 各台風による浸水開始時間の違い

また、本検討の条件下においては、東京都の想定経路より浸水開始が早くなるケースはなかった。特定の諸元の

みを変えた検討では、移動速度が遅いと、多くの地域で 30 分以上遅くなる傾向が見られた。一方で、1 m 嵩上げした場合において、移動速度が遅いケースでは 5 分以上遅い地域が、移動速度が速いケースでは 5 分以内の差である地域が多く見られた[3]。

4. 建物や植生の浸水へ影響

最後に建物などの構造物や植生が浸水に対してどのような影響を及ぼすかを検討した。

都市部の津波浸水計算においては、建物の影響は粗度等を与えることで間接的に考慮することが多い。しかし、任意の地点において津波到達時間や流速の時間変化を正確に把握するためには、建物を陽に考慮した計算が必要である。本検討では、国土交通省の 3D 都市モデル PLATEAU を用いて大阪府を対象に行い、結果、建物ありの計算では、浸水領域全体のうち 45.5 % の格子点で最大浸水深の上昇が見られた。また、津波到達時間は、建物考慮により計算領域全体の 53.1 % の格子で早くなった[4]。

マングロープ等の沿岸植生の津波や波浪に対する減衰効果について、マングロープを対象とし、Dupuit-Forchheimer 則を用いて、抵抗係数を適切に設定することで、マングロープ樹林の 4 倍程度の格子サイズでも妥当な計算結果が得られる可能性があることを示した。また、複数の実験ケースを対象に、DF 則を適用する際の抵抗係数と数値モデルの格子解像度の違いが波高減衰の再現精度に与える影響について検討しマングロープによる波高減衰効果を再現することができた[5]。

5. 今後の課題

河川との重量モデルを確立し、津波・高潮・豪雨の浸水を統合的に扱える仕組みを構築することが課題である。

文献

- [1] Shirai, T., Arikawa, T.: Global Tropical Cyclone Prediction Using Non-Hydrostatic AGCM at Various Spatiotemporal Scales and Applicability to Storm Surge Simulation, AOGS 2023, Singapore, August, 2023.
- [2] 白井 知輝, 大前 勇人, 石渡 雄大, 有川 太郎, “効率的な高潮リスク評価手法の構築に向けた基礎的検討”, 土木学会論文集, 79 巻, 17 号, (2023).
- [3] 高倉 陸, 白井 知輝, 今井 遥輝, 榎本 容太, 有川 太郎, “東京都における高潮浸水開始時間についての一考察”, 土木学会論文集, 79 巻, 17 号, (2023).
- [4] 芳賀 溪介, 有川 太郎, 白井 知輝, 榎本 容太, “津波浸水計算における都市建築物が津波到達時間に及ぼす影響に関する検討”, 土木学会論文集, 79 巻, 17 号, (2023).
- [5] 吉田 芽生, 白井 知輝, 榎本 容太, 有川 太郎, “マングロープによる波高減衰効果の再現計算における Dupuit-Forchheimer 則の適用性”, 土木学会論文集, 79 巻, 17 号, (2023)