

広域かつ高解像度な降雨流出氾濫モデルを用いた洪水・高潮複合災害の基礎的検討 Fundamental Study on Compound Hazard of Flood and Storm Surge Using a Regional and High-Resolution Rainfall-Runoff-Inundation Model

○菅原快斗・佐山敬洋・金平大河・志村智也

○Yoshito SUGAWARA・Takahiro SAYAMA・Taiga KANEHIRA・Tomoya SHIMURA

With the threat of an increase in the number of strong typhoons due to climate change, it is important to have a bird's eye view of the compound hazard risk of flood and storm surge in small and medium-sized river basins. In this study, the river mouth boundary conditions of the Rainfall-Runoff-Inundation (RRI) model were subjected to storm surge calculated from the ADvanced CIRCulation (ADCIRC) model. This allows the analysis of compound flood and storm surge phenomena over a wide area and with high resolution. We conducted the simulations for representative typhoon events, considering both flood and storm surge or only one of them. As a result, we could classify the cases in which the compound hazard of flood and storm surge dominate by comparing the peak water level of each case (132 words).

1. はじめに

気候変動に伴う台風の勢力拡大によって、沿岸域の低平地における洪水と高潮の複合災害リスクの増大が危惧されている。特に流域面積の小さい中小河川においては、洪水と高潮のピーク生起時刻差が小さい等の理由から、複合災害のリスクが高い可能性が示唆されている¹⁾。そのため、特定の河川を対象として詳細な氾濫解析モデルを構築し、その境界条件に高潮に伴う潮位変動を入力した解析を行うことで、中小河川における洪水と高潮の重畳による水位上昇特性を把握しようとする試みが進められている²⁾。一方で、洪水と高潮の複合災害リスクが高いかどうかは気象・地理条件に依存するため、リスクを俯瞰的に把握するためには、広域を対象とした解析が必要になる。大河川を対象とした場合には、全球規模で河川モデルを用いた解析が行われているもの³⁾、中小河川の応答を再現し得る高解像度で、広域の複合災害を計算できるモデルの開発は十分に進められていない。そこで、本研究では、中小河川を含む日本全国の降雨流出氾濫解析を行える Rainfall-Runoff-Inundation(RRI)モデルの河口境界条件に Advanced CIRCulation(ADCIRC)モデルから出力された潮位変動を与えることで、広域で複合災害を解析可能なモデルを構築する。そして、その応答特性を分析することで中小河川の複合災害リスクについて検討を行う。

2. モデルと計算条件

洪水の計算には、日本全国を5秒(約150m)でカバーした全国版RRIモデル⁴⁾を用いる。全国版RRIモデルは、地質に応じたパラメータの校正、実河道断面の導入による水位の再現性向上により、流出氾濫現象を広域かつ高解像で解析することが可能である。RRIモデルの河口境界条件に、高潮計算モデルであるADCIRC⁵⁾から出力された潮位変動を与えることで、高潮の影響を考慮した洪水計算を行う。ADCIRCの解析領域には日本全域が含まれており、RRIモデルの河口セルと最も距離の近い格子点の潮位変動を境界条件として用いる。

本研究の解析対象は、高潮の影響が大きいと考えられる大阪湾を含んだ近畿地方における、115の中小河川(流域面積10km²以上)とした。降雨データはd4PDF 5kmの現在気候データから大阪湾を通過する台風イベントを抽出したの中からも、降雨量が比較的大きいもの(淀川流域の流域平均総降雨量が300mm以上)である5イベントを選択した。洪水と高潮がそれぞれ河川水位にどの程度の影響を与えるのかを分析するために、次に示す3ケースで計算を行った。(Case 1) 河口境界条件に高潮による潮位変動を与えて流出氾濫計算を行う、洪水と高潮の複合災害ケース。(Case 2) 河口境界条件を海拔0mに固定して高潮の影響を考慮しない、洪水災害ケース。(Case 3) 降雨データを無降雨のものに置き換えて洪水を考慮しない、高潮

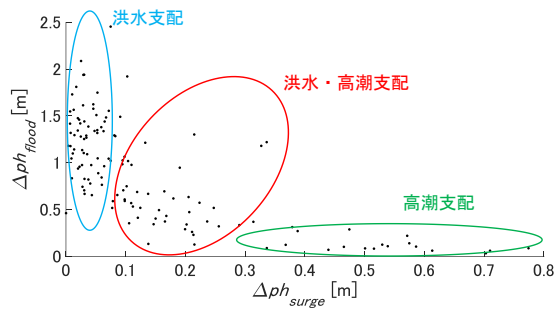


図 1 各地点とイベントにおける Δph_{surge} と Δph_{flood} の関係

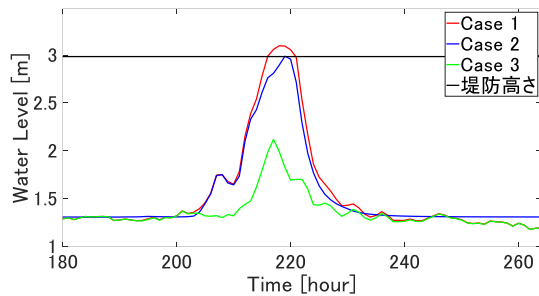


図 2 石津川における水位変化

災害ケース。河川水位変化は、境界条件を与えた河口セルから上流方向に 2 セル(約 300 m)離れたものを出力し、各ケースでの水位応答を比較する。

3. 結果と考察

計算した水位変化のうち、高潮によるピーク潮位変動が 0.15 m 以下のものと、洪水と高潮のピーク生起時刻が 2 時間以上ずれているものを除いた 129 事例で次の指標を計算した。

$$\Delta ph_{surge} = ph_{case1} - ph_{case2} \quad (1)$$

$$\Delta ph_{flood} = ph_{case1} - ph_{case3} \quad (2)$$

$ph_{case1\sim3}$ はそれぞれ Case 1~3 の条件で計算されたピーク水位である。すなわち、 Δph_{surge} は高潮による水位上昇量、 Δph_{flood} は洪水による水位上昇量を表す。図 1 に各地点とイベントにおける Δph_{surge} と Δph_{flood} の関係を示す。 Δph_{surge} が小さく、 Δph_{flood} が大きい場合は、洪水による水位上昇が大きく洪水支配の事例となり、逆の場合は高潮支配の事例となる。赤線で示された Δph_{surge} と Δph_{flood} に線形関係が見られる事例は、 Δph_{surge} と Δph_{flood} の両方が大きくなり、洪水と高潮の複合災害リスクが高い可能性がある。

洪水と高潮の相互作用が大きかった例として、図 2 に石津川(流域面積 78 km²)の水位変化を示す。Case 2 の洪水のみを考えた場合では、ピーク河川

水位は堤防高さとはほぼ一致している。一方で、Case 1 においては、高潮の影響でピーク河川水位は約 0.11 [m] 増加して堤防高さを超えている。

4. 結論

本研究では、中小河川における洪水と高潮の複合災害リスクを俯瞰的に把握できるようにするため、広域かつ高解像度な全国版 RRI モデルに、ADCIRC から計算された高潮による潮位変動を境界条件として与えるモデル化を行った。構築したモデルを用いて、代表的な台風イベントの降雨データを用いた計算を行った。洪水と高潮の両方および片方のみを考慮した 3 つのケースの計算を行い、それぞれのピーク河川水位を比較することで、どのような事例で複合災害リスクが高くなるかを分類できることを確認した。今後はより多くのイベントで解析を行い、複合災害リスクの高い中小河川を抽出したうえで、将来気候における複合災害リスクの変化を分析する予定である。

参考文献

- 1) 豊田将也, 森信人, 金洙列, 澁谷容子. (2022). 大気-海洋-河川結合モデルを用いた中小河川の複合氾濫モデリング. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_193-I_198.
- 2) 春山和輝, 豊田将也, 加藤茂. (2022). 中小河川における高潮・洪水の重複による水位上昇特性の評価. 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 78(2), I_403-I_408.
- 3) Ikeuchi, H., Hirabayashi, Y., Yamazaki, D., Muis, S., Ward, P. J., Winsemius, H. C., Verlaan, M., and Kanae, S. (2017). Compound simulation of fluvial floods and storm surges in a global coupled river-coast flood model: Model development and its application to 2007 Cyclone Sidr in Bangladesh. *Journal of Advances in Modeling Earth Systems*, 9(4), 1847-1862.
- 4) 佐山敬洋, 山田真史, 菅原快斗, 近者敦彦, 関本大晟, 山崎大. (2022). 広域降雨流出氾濫モデルによる浸水分布の推定-地形補正の効果検証. 土木学会論文集 B1 (水工学), 78(2), I_565-I_570.
- 5) Shimura, T., Pringle, W. J., Mori, N., Miyashita, T., and Yoshida, K. (2022). Seamless projections of global storm surge and ocean waves under a warming climate. *Geophysical Research Letters*, 49(6), e2021GL097427