

論文 / 著書情報  
Article / Book Information

題目(和文)	
Title(English)	Data-driven storm surge analysis and improving early warning
著者(和文)	Islam Md. Rezuatul
Author(English)	Md. Rezuatul Islam
出典(和文)	学位:博士(学術), 学位授与機関:東京工業大学, 報告番号:甲第12137号, 授与年月日:2021年9月24日, 学位の種別:課程博士, 審査員:高木 泰士,神田 学,秋田 大輔,中村 隆志,VARQUEZ ALVIN CHRIST
Citation(English)	Degree:Doctor (Academic), Conferring organization: Tokyo Institute of Technology, Report number:甲第12137号, Conferred date:2021/9/24, Degree Type:Course doctor, Examiner:,,,,,
学位種別(和文)	博士論文
Category(English)	Doctoral Thesis
種別(和文)	論文要旨
Type(English)	Summary

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	GEDES	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	Philosophy
学生氏名： Student's Name	Islam Md. Rezuanel		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)		高木泰士
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

### 要旨 (和文 2000 字程度)

Thesis Summary (approx.2000 Japanese Characters )

本論文は、“Data-driven storm surge analysis and improving early warning”と題し、英文全7章で構成されている。第1章“Introduction”では、関連する既往の研究論文のレビューを包括的に行い、台風による高潮とその予測技術の現状について解説し、研究の背景や必要性について述べている。また、SaffirとSimpsonによって1970年代に提唱され、米国をはじめ多くの国で採用されてきたSaffir-Simpson Hurricane Scale (SSHS)が2005年Katrinaや2008年Ikeの上陸時に高潮を過少に予測したことと言及し、現時点では現業で使用できる信頼性の高い高潮予測指標が存在しないことや、それを背景とする本研究の目的や意義について詳述している。第2章“Methodology”では、1978年から2019年に日本に接近・上陸した台風について、有意な高潮を引き起こした台風を抽出するための分析に使用したデータ、統計的手法、数値解析手法について述べている。台風接近時の潮位に関しては、全国23地点の検潮所の観測データを使用し、合計117の台風の経路とその時に生じた高潮について説明している。第3章“Correlating storm surge height with tropical cyclone forward speed”では、高潮とそれに影響を及ぼす台風の気象的要素や地形的要素について、過去の研究で明らかになっていない事項と明らかになっていない事項の各々について詳しく説明している。この点に関して過去の研究は数値解析的な検証が中心で、実際の観測結果に基づく分析が乏しく、統計的にも十分な数の事例について検証がなされていないことを指摘している。その上で、本研究では台風の移動速度と海岸地形の2つの要素を高潮予測指標に含めることを新たに提案している。上記の117台風について全国の海岸を対象に詳しく調べて、高潮の増幅傾向と移動速度の相関性が、外洋に面した海岸と半閉鎖的な湾内の海岸では、逆の相関性を示すことを統計的に明らかにしている。また、特に中心気圧が低い台風において、勾配が有意であることを示している。そのような傾向を示す理由として、外洋に面した海岸ではブラウドマン共鳴の発生や、内湾の海岸では海水の対流形成に時間を要することを挙げている。第4章“Tropical cyclone parameter sensitivity of storm surge in the semi-enclosed Tokyo Bay”は、以上の統計的性質に関連して、東京湾における高潮発生の特徴を調べるため、2017年に発生した台風Lanについて、現地調査や仮想台風に対する高潮数値解析を行い詳細な分析を行っている。台風Lanは平均的な台風と比較して強風域が非常に広範囲であった。このような台風半径の大きさが東京湾内、特に湾奥において高潮偏差を高める方向に働いたことを明らかにしている。また、第3章で示されたように、東京湾においても速度の遅い台風は高潮偏差をより増幅させる傾向にあることを定量的に示している。第5章“Development of a new storm surge hazard potential index”では、Storm Surge Hazard Potential Index (SSHPI)という新たな高潮予測指標を提案している。この新指標は、Kantha(2005)やIrish and Resio(2010)の指標では考慮されていない台風の進行速度と地形特性を考慮した無次元の関数であり、既往指標よりも予測精度が高いことを示している。また、新指標では台風半径に関して米国内のハリケーン研究で一般的に用いられているR33に代えて、R50をパラメータに含めている。入手しやすい台風諸量の一つのため、新指標は日本を含めて、多くの国で適用できることを示している。また、新指標は高潮偏差と相関が高いことを示し、具体的な高潮予測回帰式を提示している。第6章“Application of new storm surge hazard potential index for storm trend analysis”では、本研究の応用先として、1980年以降40年間における東京湾の高潮偏差の経時変化を分析している。経年的な高潮偏差の傾向とSSHPIの年平均値の間に比較的高い相関性が認められることを示しており、1980-1999と2000-2019の2つの期間を比較すると、特に最近20年間でSSHPIが有意な上昇傾向を示すことを明らかにしている。第7章“Conclusion”では、本研究の成果を全体的にまとめるとともに、今後の研究の課題について述べている。以上を要するに、本研究では、量的にも質的にも信頼性が高い統計的手法や解析的手法を用いて、高潮偏差に及ぼす台風諸量について精緻な相関分析を行い、その結果に基づき実用的にも価値の高い新たな高潮予測指標を提案しており、学術上寄与するところが大きい。以上より、本論文が博士(学術)の学位論文として十分価値あるものと認める。

備考：論文要旨は、和文2000字と英文300語を1部ずつ提出するか、もしくは英文800語を1部提出してください。

Note：Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).

(博士課程)  
Doctoral Program

## 論文要旨

THESIS SUMMARY

系・コース： Department of, Graduate major in	GEDES	系 コース	申請学位 (専攻分野)： Academic Degree Requested	博士 Doctor of	Philosophy
学生氏名： Student's Name	Islam Md. Rezuatul		指導教員 (主)： Academic Supervisor(main)		高木泰士
			指導教員 (副)： Academic Supervisor(sub)		

### 要旨 (英文 800 語程度)

Thesis Summary (approx.800 English Words )

Storm surge associated with tropical cyclone (TC) has a long history of causing catastrophic damage and many deaths along low-elevation coastal zones. When quantifying natural disasters such as TC, weather forecasting has often employed categorization-based statistical approaches (i.e., index/scale) for promoting public understating. For example, TC wind intensity-based categorization of storm surge index (i.e., Saffir-Simpson Hurricane Scale (SSHS)) has been a useful means of early warning and informing potential impacts for decades. However, storm surge information was removed from SSHS after Hurricane Katrina (2005) and Ike (2008) because they had caused extreme storm surges than those predicted. Afterward, a range of different indices for estimating storm surge potential have been proposed. However, a new practical index overcoming the SSHS has yet to be put in place for inoperational use.

The improved indices are not comprehensive enough to reflect the severity of a surge event precisely. For example, the influence of TC forward speed and coastal geometry are not considered in those existing indices. Another known limitation in the existing indices is that none have been examined in many TC basins except for the Atlantic Ocean. Because they require some of the variables relevant to TC structures (i.e., the radius of 64-kt wind, radius of max wind), which are only available in the Atlantic TC best track/forecasting database. Considering storm surge is an extremely life-threatening hazard, there is a pressing need for an alternative means to represent TC surge potential and threats more effectively.

This study investigated 42 years (1978-2019) of tidal records and landfall TC best tracks in Japan and demonstrated that TC forward speed is significantly correlated with maximum storm surge height. Fast-moving TCs tend to amplify the storm surge along open coastlines (Pearson correlation coefficient,  $R = 0.62$ ) but reduce it in semi-enclosed bays ( $R = -0.52$ ). The negative correlation contrasts with the general perception that the coincidence of TC wind speed and forward speed vectors generates a larger storm surge. Coastal geometry was also confirmed as an influential factor for the correlation between storm surge and TC forward speed.

Spatial and temporal change analyses of storm surge were conducted by taking Tokyo Bay as a case study of a highly vulnerable coastal area. The numerical analysis demonstrates that the slow passage of a large and intense TC transiting parallel to the longitudinal axis of the Bay, making landfall 25 km southwest, is most likely to cause a hazardous storm surge scenario in the upper-bay area. In addition, the temporal change analysis suggests that landfall TC wind intensity and size have become stronger and larger in the recent 20 years (2000-2019) than the previous 20 years (1980-1999). These changes corresponded to increasing storm surge magnitudes (+41% per decade) over the last 40 years (1980-2019). The increased occurrence frequency of TCs with more northeastward tracks is another factor that may have contributed to the increased surge hazards around Tokyo.

Considering the salient TC meteorological parameters, including forward speed and size, this study proposes a new storm surge hazard potential index (SSHPI) for estimating TC-induced peak surge levels at a given coast. The SSHPI incorporates parameters that are often readily available at real-time: intensity in 10-minute maximum wind speed, radius of 50-kt wind, forward speed, coastal geometry, and bathymetry information. By incorporating forward speed and coastal geometry information in the proposed index, significant improvements in surge prediction could be achieved compared to other existing surge indices.

A retrospective analysis of SSHPI using data from 1978-2019 in Japan suggests that this index captures historical events reasonably well. In particular, it explains ~66% of the observed variance and ~74% for

those induced by TCs whose landfall intensity was larger than 79-kt. Furthermore, the performance of SSHPI is not influenced by the type of coastal geometry (open coasts or semi-enclosed bays). The SSHPI was also applied to detect historical storm surge changes in eastern Japan, including Tokyo. It suggests that surge hazard potential has increased more than three times in the recent 20 years (2000-2019) than the previous 20 years (1980-1999), which is well-matched with surge change analysis ( $R^2 = 0.68$ ). As SSHPI utilizes the most common and readily available surge sensitive variables, it can be applied to any oceanic basin beyond Japan. This new index is expected to have a great potential to provide reliable early warning information without expensive numerical computations, leading to improving public awareness of storm surge hazards.

備考：論文要旨は、和文 2000 字と英文 300 語を 1 部ずつ提出するか、もしくは英文 800 語を 1 部提出してください。

Note : Thesis Summary should be submitted in either a copy of 2000 Japanese Characters and 300 Words (English) or 1copy of 800 Words (English).

注意：論文要旨は、東工大リサーチリポジトリ(T2R2)にてインターネット公表されますので、公表可能な範囲の内容で作成してください。

Attention: Thesis Summary will be published on Tokyo Tech Research Repository Website (T2R2).