

令和 4 年 9 月 27 日現在

機関番号：34416

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2019～2021

課題番号：19H02253

研究課題名(和文) 高潮モデル高度化と多数アンサンブル実験による確率的な巨大高潮リスクの将来変化予測

研究課題名(英文) Probabilistic projection of future change in mega storm surge risk by storm surge model improvement and multi ensemble experiments

研究代表者

安田 誠宏 (YASUDA, TOMOHIRO)

関西大学・環境都市工学部・准教授

研究者番号：60378916

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,060,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、確率的な巨大高潮リスクの将来変化を予測することである。そのために、高潮モデルや確率台風モデル、ニューラルネットワークモデルを高度化改良するとともに、多数アンサンブル実験を行うことで科学的信頼度の高い高潮水位の将来変化量を推算した。(1)多数アンサンブル高潮シミュレーションおよび高潮災害を引き起こした極端台風を対象にしたイベントアトリビューション、(2)全球確率台風モデルの改良と援用、(3)ディープラーニング高潮予測モデルの開発、(4)高潮・波浪結合モデルへの越波・越流遷移モデルの導入を実施し、十分な成果を得ることができた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

台風を人工的に発生させる確率台風モデルはいくつか開発されているが、台風特性に海面水温分布を考慮して温暖化の影響を反映できるモデルはない。気象データを入力して高潮水位の最大値を予測するニューラルネットワークモデルはいくつかあるが、高潮水位予測にディープラーニング(深層学習)を適用した事例はない。さらに、高潮と波浪の相互作用、越波と越流の遷移過程、高潮の河川遡上を個別にモデル化した事例はあるが、すべてを統合したモデルはない。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to predict future changes in probabilistic major storm surge risk. To achieve this goal, we have improved the storm surge model, stochastic typhoon model, and neural network model, and conducted multiple ensemble experiments to estimate the future changes in storm surge height with a high degree of scientific confidence. The following research projects have been conducted: (1) multiple ensemble storm surge simulations and event attribution for extreme typhoons causing storm surge disasters, (2) improvement and application of a global stochastic typhoon model, (3) development of a deep learning storm surge prediction model, and (4) development of a neural network model for storm surge prediction. (3) development of a deep learning storm surge forecasting model, and (4) introduction of a wave overtopping/wave overflow transition model into a coupled storm surge/wave model.

研究分野：海岸工学

キーワード：高潮 気候変動 アンサンブル予測 ディープラーニング 確率台風モデル

1. 研究開始当初の背景

近年、気候変動に伴う台風特性の変化に着目した研究が報告されており、気候変動に関する政府間パネルの第5次報告書(IPCC AR5)においても、全世界での熱帯低気圧の発生数は減少傾向にあるが、強度は増大し、最大風速や降水強度も増大する可能性が高いと報告されている。我が国でも気候変動適応法が成立、公布され、年内に施行される。温暖化の影響は既に国内で表れているとの前提で、国や地方自治体、事業者が担う役割を明確化した法律である。国は「気候変動適応計画」の策定を義務付けられ、最新の影響評価結果を基に、おおむね5年毎に計画内容を見直すことになっている。環境省は、同法成立前の法案概要説明の中で「日本の年平均気温は、100年あたり1.19度の割合で上昇している。今後さらなる上昇が見込まれる」と明記し、気候変動による影響として、既に進んでいるサンゴの白化など生態系への影響のほか、将来、強い台風や熱中症患者の増加する可能性なども例示している。

また、2015年に水防法が改正され、相当な被害が想定される海岸において、最大規模の高潮が発生した場合の高潮浸水想定区域を都道府県が指定し、それに基づいて市町村が地域防災計画やハザードマップを作成・活用することが義務付けられた。国土交通省は都道府県の技術的な支援として「高潮浸水想定区域図作成の手引き」をとりまとめ、2018年には東京都が手引きに準拠して、想定し得る最大規模の高潮による浸水想定区域図を作成、公表した。これまでは、多大な高潮被害をもたらした伊勢湾台風(940hPa)モデルを基に想定されてきたが、最大規模の台風として室戸台風(910hPa)が対象海岸に最大の高潮を発生させるような経路を通過したシナリオに基づいて、浸水想定をするとされている。推算された高潮に加えて、設計波高による打ち上げ、朔望満潮位、余裕高を考慮して、防潮堤高さが設定される。しかしながら、2018年9月に大阪湾に襲った台風21号(Jebi)の際に、場所によっては想定を上回る水位が記録され、高潮だけでなく、高波が重畳したことによる越波浸水被害や、中小河川へ遡上したことによる市街地での浸水被害、防潮扉を閉めたことや河川水位が上昇したことによる排水機能不全による内水氾濫被害など、想定外の被害が発生した。2018年は、台風21号以外にも、7月豪雨災害(西日本豪雨)、台風20号や24号によって、水災害が頻発した。過去5年ほどを振り返っても、2012年にニューヨークを襲ったハリケーン・サンディ、2013年フィリピンを襲った台風ハイヤン、2015年にバヌアツを襲ったサイクロン・パム、わが国でも2014年8月の台風11号、10月の台風18号のように非常に強い台風や、1951年の観測統計開始以来、はじめて東北地方に上陸した2016年の台風10号のように、地球温暖化による台風の極端化が顕在化してきている。

以上のような背景から、地球温暖化シナリオ下における高潮リスクの精度・確度の高い将来変化予測を行うことは、人口・資産が集積した沿岸部の減災にとって重要な課題である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、確率的な巨大高潮リスクの将来変化を予測することである。そのために、高潮モデルや台風モデル、ニューラルネットワークモデルを高度化改良するとともに、多数アンサンブル実験を行うことで科学的信頼度の高い高潮水位の将来変化量を推算する。確率的な巨大高潮リスクの将来変化を予測するために、(1)多数アンサンブル高潮シミュレーションを行うとともに、実際に起こったスーパー台風時の高潮のイベントアトリビューションを行う。また、(2)台風を人工的に生成できる確率台風モデルを海面水温の影響を考慮できるように改良すること、(3)ディープラーニングを用いて気象データから高潮水位の時系列を推定するモデルを開発すること、(4)越波・越流、河川遡上を考慮できるように高潮モデルを高度化することを実施する。

3. 研究の方法

(1)多数アンサンブル高潮シミュレーションおよびイベントアトリビューション

アンサンブル気候変動予測実験データベース d4PDF を用いた高潮シミュレーションを、高潮・波浪・潮汐結合モデル SuWAT を用いて行う。再解析値や観測値と d4PDF の気圧・風速の統計量を比較して、GCM のバイアスを補正して、外力として用いる。物理モデルですべてのアンサンブルシミュレーションをするのは計算コストが高すぎるため、高潮簡易予測式を提案して用いる。イベントアトリビューションとして、既往最大規模の台風による高潮と想定最大規模高潮の再現期間の推定を行う。

(2)全球確率台風モデルの改良と援用

台風パラメータ(発生数・位置、中心気圧、移動方向・速度)の確率的变化についてマッピングし、モンテカルロシミュレーションで台風を人工的に発生、移動させる確率台風モデルをバイアス修正した d4PDF データに基づいて改良する。同様のバイアス補正を将来予測データに対しても行うことで、海面水温条件の変化した場合の台風の将来予測を行う。加えて、例外的に強い台風の処理を変化させた場合や最近10年の台風資料の追加が台風統計量に及ぼす影響を調べる。

(3)ディープラーニング高潮予測モデルの開発

畳み込みニューラルネットワーク CNN を用いた高潮予測モデルを開発する。気象場(気圧・風速)の時空間的な情報から高潮の時系列を予測する。気象の再解析データを用いて CNN の予測精度を検証し、d4PDF を用いて、CNN による高潮の長期評価を行う。

(4) 高潮・波浪結合モデルへの越波・越流遷移モデルの導入

越波・越流遷移実験を基にして、波浪の影響や浸水流量の時間変化を適切に再現可能な越波・越流遷移モデルを開発し、高波・高潮結合シミュレーションモデル SuWAT に実装する。さらに、直接河道を組み込み、河川流量の観測値もしくは水文モデルの結果を接合境界に与えることで、河川流および高潮の河川遡上を考慮可能なモデルを開発する。

4. 研究成果

(1) 多数アンサンブル高潮シミュレーションおよびイベントアトリビュション

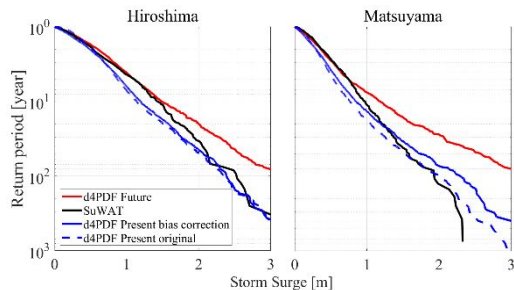
全球確率台風モデル GSTM と高潮モデル SuWAT を用いて高潮解析を行い、瀬戸内海を対象に高潮簡易予測式を提案し、d4PDF を用いて高潮の将来変化を評価した。これまでの研究成果と同様に、将来気候では現在気候と比べて高潮リスクが高まる予測結果が得られた。

日本周辺海域における過去から将来の海面水位変化の特性と不確実性を明らかにし、力学的海面高度を考慮した海面上昇量を定量的に評価した。d4PDF および GSTM データを用いて、2019 年台風 19 号の類似経路の再現期間およびその将来変化の評価を行った。また、東京湾にとって最大クラス高潮を引き起こす経路の再現期間を算出した。将来気候において台風の発生個数が減少するという作用が経路変化や強度変化よりも長期評価に大きく影響することがわかった。大阪湾を対象に既往最大規模の台風 21 号 Jebi による高潮と想定最大規模高潮の再現期間の推定を行った。台風 Jebi による高潮の再現期間は 50~100 年、想定最大規模のそれは数千年となった。

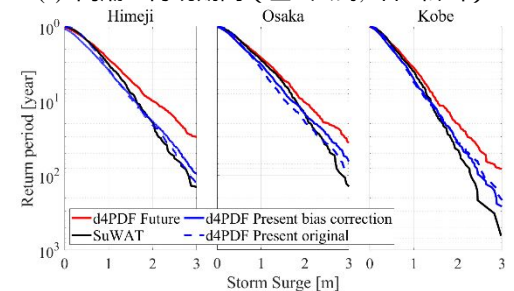
確率台風モデルで作成された 1000 年分の人工台風データを用いて、我が国の主要湾を対象に高潮災害の年集積リスクの評価を行った。高潮浸水解析を行い、年間被害額を算定した。年間被害額と年超過確率の関係を表すリスクカーブを作成し、年期待被害額を算定した。

(2) 全球確率台風モデルの改良と援用

台風パラメータ（発生数・位置、中心気圧、移動方向・速度）の確率的变化についてマッピングし、モンテカルロシミュレーションで台風を人工的に発生、移動させる確率台風モデルをバイアス修正した d4PDF データに基づいて改良した。また、同様のバイアス補正を将来予測データに対しても行うことで、海面水温条件の変化した場合の台風の将来予測を行うことができた。



(a) 高潮の再現期間 (左: 広島, 右: 松山)



(b) 高潮の再現期間 (左: 姫路, 中: 大阪, 右: 神戸)

図-1 現在気候と将来気候の高潮再現期間の比較

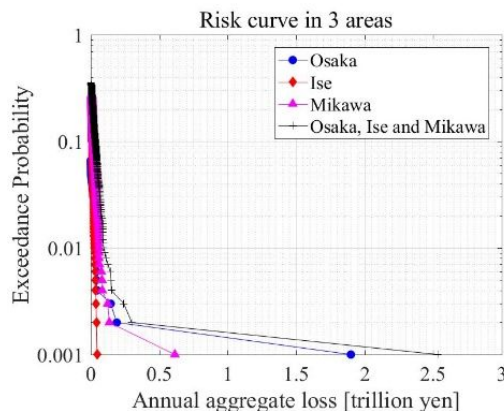


図-2 複数の湾沿岸でのリスクカーブ。大阪湾、伊勢湾、三河湾のいずれか1湾沿岸、またはいずれか2湾沿岸、もしくは3湾沿岸を通過した人工台風をリスク評価の対象とした。

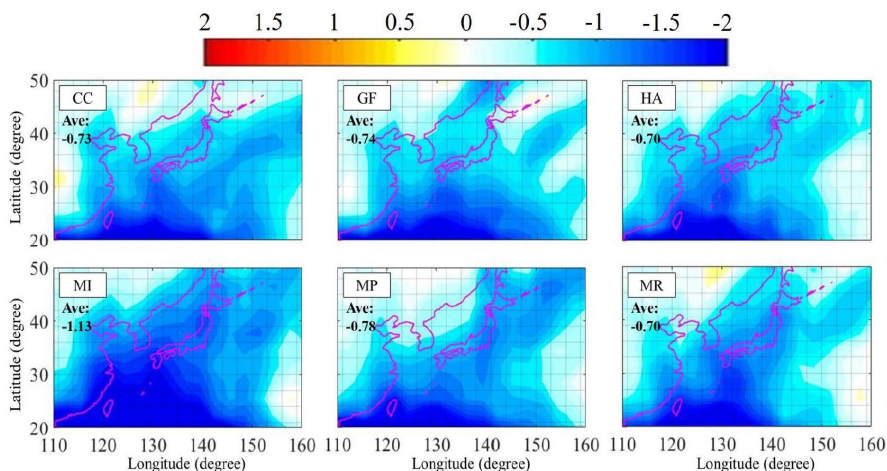


図-3 d4PDF 将来実験結果 (SST 変化 6 シナリオ) を構成データとした全球確率台風モデルによる日本近海における年平均台風通過数の将来変化 (個/年/3 度 × 3 度)

気候変動に関する大規模アンサンブルデータベース d4PDF データで校正した全球確率台風モデル GSTM について、例外的に強い台風の処理を変化させた場合の結果を比較した。その結果、平均的な台風の再現性は高いままに、極端台風の発生頻度をやや抑えることができた。中心気圧の頻度分布比較から GSTM は元の d4PDF よりも、観測値のそれとの一致度が高くなっていることが示された。

確率台風モデルを用いて、2009-2020 年の台風資料の追加が台風統計量に及ぼす影響を調べた。台風の通過頻度は全般的に減少する傾向にあった。また中心気圧の変化は小さいものの、平均値としては西日本側で減少、東日本側で増加する傾向がある。一方で極端台風の発生頻度についてはどの地点でも増大する傾向が見られた。

(3) ディープラーニング高潮予測モデルの開発

深層学習の一つである畳み込みニューラルネットワーク (CNN: Convolutional Neural Network) を用いて空間的に気象情報を入力し、風速や波高といった海象の時系列を予測した。説明変数の組み合わせや気象場の入力範囲等の物理的要因と、ハイパーパラメータのような CNN の計算条件を変化させ、これらが結果に及ぼす影響についても比較した。伊勢湾と太平洋上の点を対象に行った風速の予測では、瞬時値の気圧場を入力することで精度よく予測できた。伊勢湾と鳥取を対象に行った波高の予測では、うねりを伴うため風速の時刻歴を入力することで精度良く予測できた。

CNN を用いて、気象場 (気圧・風速) の時空間的な情報から高潮の時系列を予測した。高潮の予測に重要な説明変数やハイパーパラメータ、学習データ数を比較し、気象の再解析データを用いて CNN の予測精度を検証した。d4PDF を用いて CNN による高潮の長期評価を行った。再現期間が長くなると、現在気候下の高潮より将来気候下の高潮の方が高くなる結果が得られた。

LSTM (Long Short-Term Memory network) を用いて波高の時系列予測を行った。時間的な要因、空間的な要因、モデル条件の組み合わせを変え、それらが結果に及ぼす影響について比較した。CNN の方が遠方での風速を考慮できるため、低波浪の予測が得意である一方、LSTM は比較的low波浪に加え、高波浪の予測もできることがわかった。

(4) 高潮・波浪結合モデルへの越波・越流遷移モデルの導入

フルスケールで実施された越波・越流遷移実験を基にして、波浪の影響や浸水流量の時間変化を適切に再現可能な、越波・越流遷移モデルを開発し、高波・高潮結合モデル SuWAT に実装した。

高潮・波浪・浸水結合モデル (SuWAT-IFORM) の妥当性を検討するため、2014 年 12 月の爆弾低気圧を対象に再現計算を実施し、浸水深の調査結果や従来手法による計算結果と比較した。その結果、IFORM は相対天端高が小さい場合に高山式と同程度の精度を有することや、越流時における越波流量の不連続性が解消されることがわかった。

高潮・波浪結合モデルをもとに非線形長波モデルに対して直接河道を組み込み、河川流量の観測値もしくは水文モデルの結果を接合境界に与えることで、河川流および高潮の河川遡上を考慮可能なモデルを開発した。

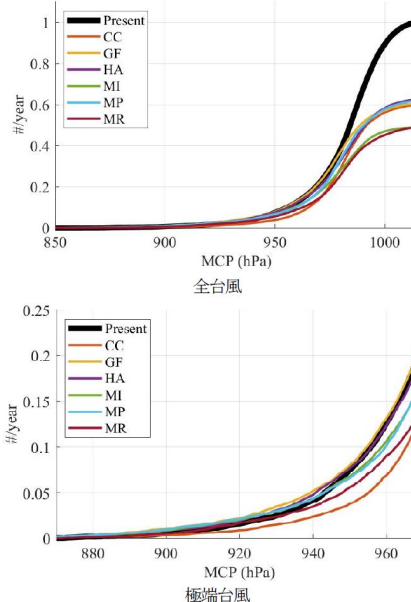


図-4 GSTM の結果から作成した大阪を通過する台風の中心気圧の将来変化 (累積頻度分布)

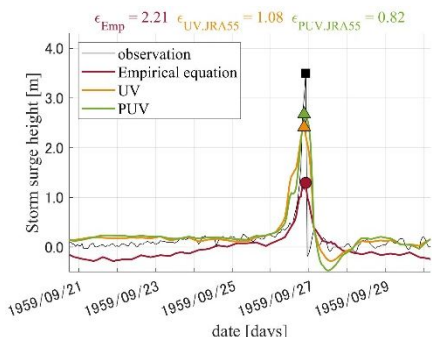


図-5 実績台風 (伊勢湾台風) による CNN 高潮予測モデルの精度検証 (PUV: 気圧および東西・南北風速, UV: 東西・南北風速, EQ: 経験式)

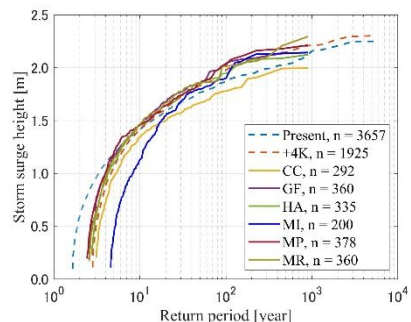


図-6 各 SST の高潮の長期評価 (実線: SST 毎, 点線: 全アンサンブル, 凡例内の数字: 解析対象台風の個数)

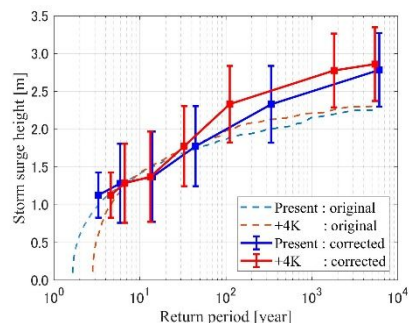


図-7 現在気候と将来気候の高潮の長期評価 (青色: 現在気候, 赤色: 将来気候, 点線: CNN 自体の誤差考慮なし, 実線: CNN 自体の誤差考慮あり)

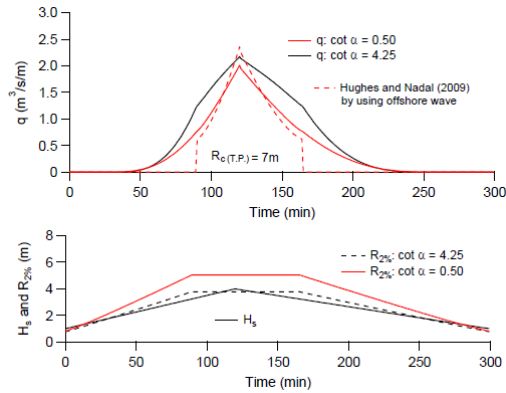


図-8 汀線に置かれた海岸護岸への打ち上げと浸水流量(打ち上げ高は時々刻々の海水面からの鉛直高さで定義)

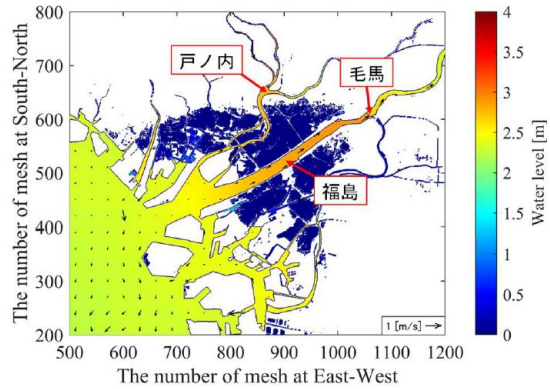


図-9 高潮の河川遡上を考慮した淀川河口域における高潮偏差の平面分布

<引用文献>

荒木裕次, 森 信人, 安田誠宏 (2019): 畳み込みニューラルネットワーク CNN を用いた風速・波高の時系列の統計的予測, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.75, No.2, pp.I_139-I_144.

荒木裕次, 安田誠宏, Adrean WEBB, 森 信人 (2020): 畳み込みニューラルネットワークによる台風気象場を用いた高潮の時系列予測と長期評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.76, No.2, pp.I_1093-I_1098.

梅田尋慈, 中條壮大, 森 信人 (2019): 大規模アンサンブル気候予測データ (d4PDF) を用いた全球確率台風モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.75, No.2, pp.I_1195-I_1200.

澁谷容子, 森 信人, 中條壮大, 梅田尋慈 (2020): 2019 年台風 19 号の高潮再現および台風経路の再現期間と将来変化, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.76, No.2, pp.I_139-I_144.

住谷 渚, 安田誠宏, 森 信人, 志村智也 (2021): 長短期記憶ニューラルネットワーク LSTM を用いた波高の時系列予測に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.77, No.2, pp.I_151-I_156.

豊田将也, 森 信人, 金 洙列, 澁谷容子 (2021): 高潮の河川遡上を考慮した波浪・高潮結合モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.77, No.2, pp.I_121-I_126.

富永侑歩, 伍井 稔, 加藤憲一, 金 洙列, 間瀬 肇 (2021): 高潮の河川遡上を考慮した波浪・高潮結合モデルの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.77, No.2, pp.I_265-I_270.

中條壮大, 森 信人 (2020): 全球確率台風モデルを用いた将来の台風特性の都市域スケールでの評価, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.76, No.2, pp.I_1141-I_1146.

中條壮大, 森 信人 (2021): 近年に発生した熱帯低気圧特性が台風統計量に及ぼす影響についての確率台風モデルを用いた検討, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vo.77, No.2, pp.I_781-I_786.

平井翔太, 安田誠宏 (2020): 主要湾を対象とした高潮災害の年集積リスクの評価方法に関する研究, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.76, No.1, pp.1-11.

間瀬 肇, 金 洙列, 由比政年, 武田将英, 榎田真也, 川崎浩司, 平石哲也, 松下紘資 (2020): フルスケール実験に基づく越波・越流遷移モデルと高波・高潮浸水シミュレーションへの実装, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.76, No.1, pp.7-19.

安田誠宏, 飯塚麻莉, 横山彼杜, 金 洙列 (2021): 大阪湾における台風 21 号 Jebi による高潮および想定最大規模高潮の再現期間の推定, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.77, No.2, pp.I_67-I_72.

横山彼杜, 安田誠宏, 金 洙列, 中條壮大, 志村智也 (2020): 確率台風モデルを援用した瀬戸内海における高潮の統計的予測手法に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vo.76, No.2, pp.I_1087-I_1092.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計30件（うち査読付論文 27件 / うち国際共著 3件 / うちオープンアクセス 28件）

1. 著者名 安田誠宏, 飯塚麻莉, 横山彼杜, 金 洙列	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 大阪湾における台風21号Jebiによる高潮および想定最大規模高潮の再現期間の推定	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_67-I_72
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_67	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 住谷 渚, 安田誠宏, 森 信人, 志村智也	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 長短期記憶ニューラルネットワークLSTMを用いた波高の時系列予測に関する研究	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_151-I_156
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_151	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 Mori Nobuhito, Ariyoshi Nozomi, Shimura Tomoya, Miyashita Takuya, Ninomiya Junichi	4. 巻 164
2. 論文標題 Future projection of maximum potential storm surge height at three major bays in Japan using the maximum potential intensity of a tropical cyclone	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Climatic Change	6. 最初と最後の頁 18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10584-021-02980-x	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -
1. 著者名 志村智也, William J. PRINGLE, 森 信人, 宮下卓也, 吉田康平	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 過去から温暖化条件下の将来へのシームレスな全球高潮・高波評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_949-I_954
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_949	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 豊田将也, 森 信人, 金 洙列, 澁谷容子	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 高潮の河川遡上を考慮した波浪・高潮結合モデルの開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_121 I_126
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_121	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 富永侑歩, 伍井 稔, 加藤憲一, 金 洙列, 間瀬 肇	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 越波越流遷移モデルを用いた高潮浸水計算手法の精度検証	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_265-I_270
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.2_I_265	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中條壮大, 森 信人	4. 巻 77(2)
2. 論文標題 近年に発生した熱帯低気圧特性が台風統計量に及ぼす影響についての確率台風モデルを用いた検討	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 I_781-I_786
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.77.2_I_781	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 桑江朝比呂, 三戸勇吾, 有川太郎, 石川洋一, 木所英昭, 澁谷容子, 志村智也, 清野聡子, 羽角華奈子, 茂木博匡, 山北剛久, 李 漢洙, 金 洙列, 久保田真一, 倉原義之介, 辻尾大樹, 二宮順一, 伴野雅之, 古市尚基, 安田誠宏, 森 信人, 武若 聡	4. 巻 77(1)
2. 論文標題 今後の我が国の沿岸分野における気候変動対応で取り組むべき課題に関する意向調査	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1-17
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.1_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 横山彼社, 安田誠宏, 金 洙列, 中條壮大, 志村智也	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 確率台風モデルを援用した瀬戸内海における高潮の統計的予測手法に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1087-I_1092
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1087	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 荒木裕次, 安田誠宏, Adrean WEBB, 森 信人	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 曇み込みニューラルネットワークによる台風気象場を用いた高潮の時系列予測と長期評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1093-I_1098
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1093	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 澁谷容子, 森 信人, 中條壮大, 梅田 尋慈	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 2019年台風19号の高潮再現および台風経路の再現期間と将来変化	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_139-I_144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_139	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 中條壮大, 森 信人	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 全球確率台風モデルを用いた将来の台風特性の都市域スケールでの評価	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1141-I_1146
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1141	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 信人, 福井信気, 志村智也	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 気候変動を考慮した我が国の三大湾の高潮最大潮位偏差についての研究レビュー	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1-6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.1_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Shimozono, T.; Tajima, Y.; Kumagai, K.; Arikawa, T.; Oda, Y.; Shigihara, Y.; Mori, N.; Suzuki, T.	4. 巻 62:2
2. 論文標題 Coastal impacts of super typhoon Hagibis on Greater Tokyo and Shizuoka areas, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 129-145
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2020.1744212	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 宮内海峰, 森 信人, 志村智也, 建部洋晶	4. 巻 76(2)
2. 論文標題 気候変動に伴う日本周辺海域を対象とした海面上昇量の予測不確実性	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 I_1135-I_1140
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.2_I_1135	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 J-A Yang, S. Kim, S. Son, N Mori, H. Mase	4. 巻 162
2. 論文標題 Assessment of uncertainties in projecting future changes to extreme storm surge height depending on future SST and greenhouse gas concentration scenarios	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Climatic Change	6. 最初と最後の頁 425-442
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10584-020-02782-7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 R. Hisamatsu, S. Tabeta, S. Kim, K. Mizuno	4. 巻 189
2. 論文標題 Storm surge risk assessment for the insurance system: A case study in Tokyo Bay, Japan	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Ocean & Coastal Management	6. 最初と最後の頁 105147
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.ocecoaman.2020.105147	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 間瀬 肇, 金 洙列, 由比政年, 武田将英, 榎田真也, 川崎浩司, 平石哲也, 松下紘資	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 フルスケール実験に基づく越波・越流遷移モデルと高波・高潮浸水シミュレーションへの実装	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 7-19
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.76.1_7	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Mori, N., T. Yasuda, T. Arikawa, T. Kataoka, S. Nakajo, K. Suzuki, Y. Yamanaka, A. Webb.	4. 巻 61:3
2. 論文標題 2018 Typhoon Jebi post-event survey of coastal damage in the Kansai region, Japan	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 278-294
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2019.1619253	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 該当する

1. 著者名 Yokoyama, K., Yasuda, T.	4. 巻 10
2. 論文標題 Study on Statistical Prediction Method of Storm Surges in Seto Inland Sea	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 10th International Conference on Asian and Pacific Coasts (APAC 2019)	6. 最初と最後の頁 153-160
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/978-981-15-0291-0_22	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 平井翔太, 安田誠宏	4. 巻 76(1)
2. 論文標題 主要湾を対象とした高潮災害の年集積リスクの評価方法に関する研究	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 土木学会論文集B3 (海洋開発)	6. 最初と最後の頁 1-11
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.1_1	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 荒木裕次, 森 信人, 安田誠宏	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 畳み込みニューラルネットワークCNNを用いた風速・波高の時系列の統計的予測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 139-144
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1_139	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 梅田尋慈, 中條壮大, 森 信人	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 大規模アンサンブル気候予測データ (d4PDF) を用いた全球確率台風モデルの開発	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1195-1200
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1_1195	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 金 洙列, 森 信人, 竹見哲也, 澁谷容子, 安田誠宏, 中條壮大, 志村智也, 二宮順一	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 高潮・波浪結合モデルを用いた2018年台風21号による高潮・波浪の推算実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 277-282
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.1_277	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 信人, 竹見哲也, 金 洙列, 澁谷容子, 安田誠宏, 中條壮大, 二宮順一, 志村智也	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 高解像度大気モデルと高潮・波浪結合モデルを用いた2018年台風21号による高潮・波浪の予測実験	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 283-288
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.l_283	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 志村智也, 森 信人	4. 巻 75(2)
2. 論文標題 気候変動による日本周辺の波候スペクトルの将来変化予測	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 土木学会論文集 B2 (海岸工学)	6. 最初と最後の頁 1177-1182
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.l_1177	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nakajo, S., J. Ninomiya	4. 巻 29
2. 論文標題 Low-frequency catastrophic coastal disaster events around Tonga: Survey of coastal boulder distribution on Tongatapu Island and analysis using stochastic modelling of tropical cyclones	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of the 29th International Ocean and Polar Engineering Conference	6. 最初と最後の頁 6
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 安田誠宏	4. 巻 137
2. 論文標題 平成30年台風21号による都市部の浸水被害	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 消防防災の科学	6. 最初と最後の頁 29-34
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 信人, 志村智也, 安田誠宏	4. 巻 -
2. 論文標題 沿岸災害の概要	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 平成30年台風21号による強風・高潮災害の総合研究	6. 最初と最後の頁 3-1-3-7
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 森 信人・中條壮大・安田誠宏・片岡智哉・鈴木高二朗・有川太郎	4. 巻 44(3)
2. 論文標題 2018年台風21号による高潮・高波災害の概要	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 日本風工学会誌	6. 最初と最後の頁 103-108
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また, その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計5件 (うち招待講演 1件 / うち国際学会 3件)

1. 発表者名 Sota Nakajo
2. 発表標題 APPLICABILITY OF d4PDF DATASET TO GLOBAL STOCHASTIC TROPICAL CYCLONE MODEL
3. 学会等名 International Conference on Coastal Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Sota Nakajo
2. 発表標題 APPLICABILITY OF d4PDF DATASET TO GLOBAL STOCHASTIC TROPICAL CYCLONE MODEL
3. 学会等名 International Conference on Coastal Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 安田誠宏
2. 発表標題 高潮数値モデルの開発と気候変動影響評価への適用
3. 学会等名 2019年度(第55回)水工学に関する夏期研修会(招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 安田誠宏
2. 発表標題 台風21号・高潮等の概要 / 高潮・越波による沿岸域の浸水被害
3. 学会等名 令和元年度土木学会全国大会 第74回年次学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Yasuda, T., Hirai, S.
2. 発表標題 Evaluation of Annual Risk by Storm Surge Disaster in Japanese Major Bays
3. 学会等名 The 16th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society (AOGS 2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	中條 壮大 (NAKAJO SOTA) (20590871)	大阪市立大学・大学院工学研究科・准教授 (24402)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	金 洙列 (KIM SOOYUUL) (60508696)	熊本大学・くまもと水循環・減災研究教育センター・准教授 (17401)	
研究分担者	志村 智也 (SHIMURA TOMOYA) (70789792)	京都大学・防災研究所・准教授 (14301)	
研究分担者	森 信人 (MORI NOBUHITO) (90371476)	京都大学・防災研究所・教授 (14301)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関