

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 2 日現在

機関番号：24405

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2020～2022

課題番号：20H02260

研究課題名（和文）イリュージブな低気圧による沿岸災害の予見性向上に関する研究

研究課題名（英文）Research on improving predictability of coastal disasters caused by illusive cyclones

研究代表者

中條 壮大（Nakajo, Sota）

大阪公立大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20590871

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,100,000円

研究成果の概要（和文）：台風のリアルタイム予測の不確実性について、気象庁予報の解析から台風特性値の予報誤差の海域別特性値を解明し、リアルタイム台風確率モデルを構築した。微気圧波特性と気象津波の評価について、大阪湾を囲む定点観測より微気圧波の年間の発生状況と異常潮位との関係を明らかにした。気象モデルの結果より前線通過や台風との干渉により顕著な微気圧波が発生することを示した。将来気候場における低気圧変化の影響について、4/2 上昇の確率台風モデルを構築し、将来変化を分析した。確率台風モデル出力から強風、高潮、高波災害を高速に簡易評価する手法を構築した。爆弾低気圧の変化については、150年予測から将来変化を評価した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

台風災害予測の不確実性は減災行動の抑制因子であり、定量化し意思決定に取り込むことでレジリエントな社会創造へとつながる。気象津波の因子である微気圧波を、高精度微気圧計により年間を通じた多点モニタリングした事例は希少で、台風と前線の干渉による微気圧波群の発生などの日本周辺における気象津波の実態解明に貢献した。将来予測の不確実性評価における統計的モデリングの重要性はIPCC AR6でも強調されており、応用範囲の広い高潮・高波の簡易高速推定法を構築したことは影響評価研究を大きく進展させた。これにより大アンサンブル資料に基づく不確実性の幅を示すなどは他に類を見ない成果を提示した。

研究成果の概要（英文）：To understand the uncertainty of real-time typhoon forecasting, we analyzed the forecasts from the Japan Meteorological Agency (JMA) and identified specific characteristics of forecast errors in typhoon properties. We also developed a real-time typhoon probability model. Based on fixed-point observations around Osaka Bay, we established the relationship between the annual occurrence of micro-pressure waves and abnormal tidal levels. The meteorological model results revealed that micro-pressure waves are prominently caused by frontal passage and interactions with typhoons. To examine the impact of cyclone variations on the future climate field, we created a stochastic typhoon model considering a rise of 4°C/2°C. Additionally, we devised a simplified method to assess the risks of strong winds, storm surges, and high-velocity hazards using the output of the stochastic typhoon model. Lastly, we evaluated the future changes in bomb cyclones based on a 150-year forecast.

研究分野：海岸工学

キーワード：台風 微気圧波 気象津波 高潮 高波

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

2018年や2019年の台風は関西・関東で甚大な被害をもたらし、観測史上最大となる強風・高潮・大雨が発生した。また2014年には爆弾低気圧により根室で高潮被害が生じ、2019年には長崎市内で気象津波「あびき」による浸水が生じるなど、これまでに経験したことの無い災害の増大が懸念されている。国策としてタイムライン防災により被害者ゼロを目指す取り組みが進んでいるが、それに必要となる災害因子、低気圧の短期予報・長期予測の評価は十分ではない。

台風予報進路誤差は1日前予測で約100kmの誤差があり、同様に中心気圧においては約20hPa程度の誤差がある。これは災害予測において致命的に大きな不確実性であり、この影響を評価しなければタイムライン防災は成立しない。また例えば200年確率の台風を想定する等の長期予測では、過去の観測値から統計的な外挿、極値統計が用いられてきた。しかし、極値統計では潜在的な台風経路の多様さの寄与は評価できない。また気候変動による低気圧の強度や頻度の変化は今や世界の共通認識となり、長期予測にはその影響を考慮する必要がある。

また低気圧とそれによる災害の発生機構も未解明な部分がある。爆弾低気圧の急発達過程の詳細は十分に解明されていない。気象津波の主要因は振幅が数hPaと小さな微気圧波であり、数値予報モデルによる再現は困難である。台風等の顕著な低気圧による微気圧波は実測資料が少なくその評価は十分ではない。全国では長周期波揺動による港湾稼働率の低下が懸念されており、その要因分析と将来予測は我が国の国際競争力とも関連している。

2. 研究の目的

研究の目的は、elusiveな低気圧の発達過程を含めた特性の解明とそれが引き起こす災害の予見性を向上させる技術を提案し、さらには現在および将来の災害頻度解析と現実的に必要な事前防災行動のための統計的知見を得ることである。

台風のリアルタイム予報の不確実性評価を行う研究は極めて少なく、その地域的・季節的な傾向分析から実用的な事前防災行動の検討に直結する知見が得られる。特に「リアルタイム確率台風モデル」を開発することで不確実性の幅がもたらす影響評価が可能となる。

高分解能の微気圧計を複数台用いた観測から微気圧波群の実態を解明する。ここから海洋長波予測を行い、防災や港湾静穏性の評価につなげる。高速な高潮・高波推算手法の開発はリアルタイム・アンサンブル予測による統計的予見性の向上のために開発される。現在および将来の台風災害の長期的な頻度解析については最新の全球確率台風モデルに基づき実施する。

3. 研究の方法

(A)台風のリアルタイム予測の不確実性評価

気象庁の台風予報と確定値の差に関する資料から、各リードタイムにおける予測変動幅を定量的に地域特性も合わせて推定する。リアルタイム・アンサンブル予測についての評価とともに予測の変動幅を考慮したタイムライン防災のあり方についての知見をまとめる。最終的には「リアルタイム確率台風モデル」の構築に挑戦する。基礎となる資料は気象庁の予測結果のみであるが、本研究の中で米軍のJTWCデータについても自動取得するシステムを初年度から構築し検討資料を増やす。

(B)高速で移動する微気圧波特性の評価

高分解能微気圧計を大阪湾沿岸に設置し、継続的な微気圧変動の観測資料取得を行う。この取得データと再解析データから得られる大スケール低気圧や大気の大安定性指標との関連性を明らかにしていく。それと並行して大気・海洋・波浪結合モデルを用いた過去事例の追算を行いながら微気圧波の発生機構や波群特性の解明を進める。観測の知見と結合モデルによる物理過程の解明と合わせて推測される微気圧波モデルを決定し、その進行条件を多様に变化させたシナリオで、比較的計算負荷の小さな非線形長波方程式モデルSuWATによる計算を多数行い、最悪シナリオ推定を行う。また、それら計算値を入力としたANNモデルによるリアルタイム予測の可能性評価や理想観測点選定を行う。

(C)爆弾低気圧の急発達過程の評価

各種の再解析値や大気・海洋・波浪結合モデル、大規模アンサンブル数値計算データ(d4PDF)を用いた爆弾低気圧の発達過程や発災メカニズムの詳細解明に取り組む。またそれと合わせて2019年6月から使用が可能となったメソアンサンブル数値予報モデルGPVのデータ等の予報値を元にした発災予測の予見性についての検討を行う。予報可能性評価に関する研究をデータの蓄積とともに深化させながら、テーマ(B)との関係から微気圧波群の寄与度についても評価する。

(D)将来気候場における低気圧変化の影響予測

気候変動影響評価プログラムと連携し、d4PDFデータや高解像度GCM・RCM予測結果、改良版全球確率台風モデルの結果などを用いて、熱帯低気圧および爆弾低気圧の将来変化予測と、台風・高潮・高波災害のリスク評価を実施する。膨大な確率台風モデルの資料を対象とした解析が可能となるように、高速な推算法・スクリーニング手法の構築を行う。最終的には将来の沿岸災害および港湾域の静穏化に及ぼす影響の評価を行う。

4. 研究成果

【研究の主な成果】

2015～2022年のリアルタイム台風予報情報をテキストマイニングにより自動取得し、気象庁予報データの分析を元に、予報の不確か性評価と統計的モデリングを行った。また、2021年以降は米軍のJTWCデータについてもリアルタイム予報情報を収集した。分析結果の一例として、図-1には経路予報誤差のバイアス(平均値)を示す。暖色は西方の、寒色は東方の予報誤差を示している。予報誤差に偏りが無ければ、この数値は誤差の標準偏差に対して十分小さくなるはずであるが、概ね30%程度と無視できないほどの大きさがあり、ランダムではなく組織的に分布し、北緯20度付近を境にバイアスの向きが変化している。こうした予報バイアスは中心気圧などの予報にもみられた。

予報誤差のモデル化においては、まずバイアス ε_b を取り除き、残差について予報時の実況値と予報円半径などの情報から重回帰モデルの構築を試みた。低緯度帯においては図-2のように決定係数が大きくなるモデルが得られた。しかし、日本周辺においては重回帰モデルの適用は困難であった。また、中心気圧については領域に関係なく、検討したケースでは決定係数が低いままであった。重回帰モデルの推定値 ε_m と実際の予報誤差との差 ε_r は正規分布を仮定してモデル化を行った。すなわち、予報誤差 ε は $\varepsilon = \varepsilon_b + \varepsilon_m + \varepsilon_r$ として表現した。

図-3は予報誤差が災害予測にどのような影響を及ぼすかについて、大阪湾奥における高潮を一例に分析した結果である。構築したリアルタイム確率台風モデルRSTMと、簡易高潮推計重回帰モデルを用いて評価した2017年台風5号の最大高潮偏差を各リードタイムで予測している。モンテカルロ法でランダム生成された結果より、予測の振れ幅を標準偏差で示し、評価している。真値の経路・中心気圧を用いた時の湾奥における最大高潮偏差は0.4m弱であり、リードタイムが短くなるにつれて、その真値に漸近していく。比較のために、気象庁予報の予報円半径が70%値を含む領域を表し、正規分布で経路が表現できると考えてモンテカルロ法で仮想経路を作成した場合の結果も示している。RSTMで予測した台風資料から得られる高潮最大偏差は、概ね20時間より長いリードタイムで気象庁予報円情報から推定した結果よりも真値に近づいている。経路だけでなく中心気圧についても確率モデル化した場合、予測の振れ幅は大きくなり、約30時間前でも真値を $\mu \pm \sigma$ の区間を含むようになる。このように、予報のバイアス補正と重回帰モデルによる誤差予測、確率モデリングによって、発災前に高潮偏差の確率評価精度をある程度向上できることが示された。

大阪湾周りに設置した微気圧計によって、未解明であった微気圧波の年間の発生状況を明らかにした。図-4は2021年11月30日～12月1日にかけて発生した微気圧波と大阪湾奥の人工島で観測された水位変動の観測値を示している。この時は日本海側を前線をともなう低気圧が通過し、寒冷前線が日本列島を横断した。11月30日深夜にスパイク上の気圧上昇が確認され、これが気象津波を引き起こしたと推測された。2021年には片側振幅1hPaを超える微気圧波の通過が計14回観測され、表-1に示すように、そのうちの多くが大阪湾付近で顕著な副振動が観測されたタイミングと一致している。ここから、大阪湾における長周期水位変動の多くは微気圧波由来の気象津波である可能性が示された。

顕著な微気圧波が観測された際の気象モデルWRFの解析結果より、定点観測では不明な微気圧波の伝播過程を明らかにした。一例として図-5に示す2021年11月30日深夜に発生した微気圧波は、寒冷前線をともなう気圧の谷が通過する際に発生した数hPaの幾つかの気圧ジャンプであり、そのスケールは大阪湾幅程度と比較的小さいことが明らかになった。また、この気圧ジ

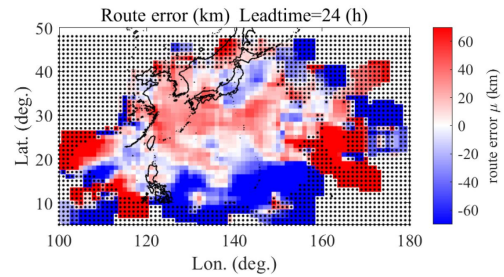


図-1 経路誤差のバイアス(リードタイム24時間。資料数が十分でないと思われる地点は黒点を描画している)

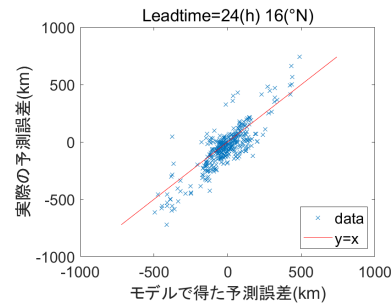


図-2 重回帰モデルによる誤差予測の例(リードタイム24時間、N16°)

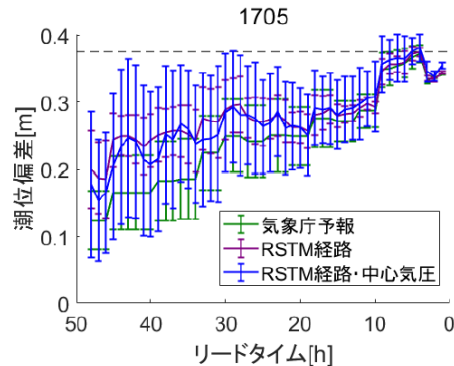


図-3 リアルタイム確率台風モデルを用いた事前高潮予測結果の変遷例

キャンプ以外にも微小な擾乱は継続的に大阪湾に侵入しており，こうした微気圧波構造を模擬した海洋長波発達過程を明らかにする必要がある．現段階では，同じ振幅を有する正弦波を微気圧波モデルとし，観測された気圧波の進行方向に移動させた際の長波発達過程を明らかにした．振幅については，水位観測値に 10-150min のバンドパスフィルターを通じて得られる長周期水位変動と同程度の振幅を示し，気象津波因子として十分な要件を満たしていることが明らかとなったが，顕著な水位変動が現れるタイミングなどが観測値と異なるため，気圧波モデルのさらなる検討が必要と思われる．2021 年 6 月 5 日～6 月 6 日にかけて前線と台風の干渉によって生じた微気圧波は，WRF 再現結果より長時間にわたる微気圧波群をもたらした可能性が示された．この時は大阪湾上を微気圧波群が通過しなかったが，今後はこうした気圧波群の可能性も考慮した評価が必要と考えられた．

正弦波モデルの微気圧波をパラメトリックに変化させ，大阪湾内の気象津波特性との関係を調べた．片側振幅 1.5 hPa の北東進する微気圧波は，波長 60 km，速度 60 km/h の場合に最も顕著な水位変動を港湾奥部で 40 cm ほどの振幅で発生させ，港湾域では最大 0.5 m/s ほどの流速をもたらし，十分に船舶などの被害を引き起こす可能性がある．大阪湾の港のように複雑な海岸線を有している場合，最大潮位偏差の評価には 30m 以上の分解能が必要であることが示された．微気圧波の移動速度 V と波長 L が $L/V=0.75 \sim 1.5$ 程度のときに大阪湾では最大潮位偏差が大きくなることが示された．

将来台風の変化予測は d4PDF/d2PDF データセットに基づく確率台風モデルにより評価した．生成した膨大な台風資料から高潮，高波の影響評価を行うために，簡易推計モデルの構築を行った．高潮については三大湾に対して湾内の各地点の最大高潮偏差を求めるための重回帰モデルを構築し，図-6 のように上位データスクリーニング手法として有用であることを示した．湾奥の最大潮位偏差が大きくなる 500 ケースについて非線形長波方程式による詳細解析を行い，図-7 に示すような低頻度大災害となるイベントの将来変化を不確実性の幅（モデルアンサンブル）から評価できるようにした．また，そうした長期再現年数イベントの将来変化が顕著に現れる地域を明らかにした．

高波については移動旋衡風域に適用できる経験的有義波法をスペクトル法の結果を真値と見なした多数の波浪推算資料から構築した（図-8）．これにより 1 台風あたり平均 4 秒程度で対象地の波浪変化を算定可能となり，確率台風モデルの結果を入力値として将来変化予測を行った．低頻度な強大台風の強さは増加するが，波高の変化はさほど顕著ではなく，関西四国の南岸で平均 0.2 m 程度の増加となった（図-9）．

【得られた成果の国内外における位置づけとインパクト】

リアルタイム確率台風から災害予測の不確実性を評価しようとする研究は近年幾つか見られ，そのニーズは高い．しかし，類似研究は過去資料から台風発達のポテンシャルを評価したものであり，実際の予報誤差を分析したものはなく本アプローチの独自性は高い．気象津波の研究は第 1 回の国際会議が 2019 年に開催され，2022 年にトンガ噴火にともなう気象津波様の現象が世界中で観測されたことから関心が高まっている．日本では九州西岸で季節性の気象津波が観測され研究が進んでいたが，大阪湾周辺の状況は未解明であった．高精度微気圧計による年間を通じ

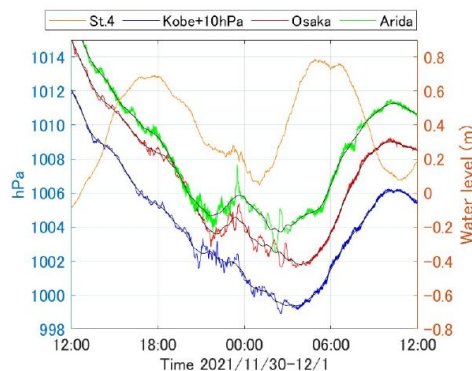


図-4 大阪湾周りの微気圧波と水位モニタリング結果の一例

表-1 大阪湾で観測された副振動と微気圧波の対応

日付	時刻	神戸		大阪		和歌山	
		周期(min)	振幅(cm)	周期(min)	振幅(cm)	周期(min)	振幅(cm)
5月27日	11:30					35	12
6月5日	22:06			70	17		
6月6日	2:08	11	15			42	15
7月9日	14:08	35	14			30	19
7月30日	12:56			64	14		
8月9日	10:01	27	15				
8月12日	15:34					50	14
8月13日	14:38			86	19		
9月18日	1:11	18	16				
9月22日	16:46						
10月25日	22:17	38	25	61	18	72	17
11月9日	1:41			77	19		
11月30日	22:34	19	28			50	15
12月1日	1:13	29	21	67	17	49	15

†ハッチング部は微気圧波も同時期に計測された事例

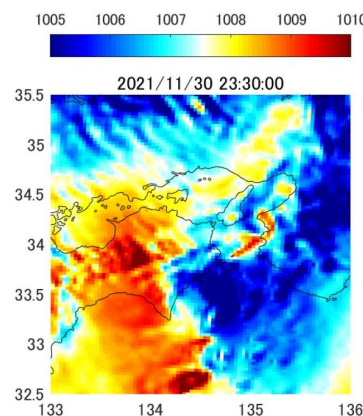


図-5 気象モデルより再現された微気圧の伝播過程

た微気圧波の多点モニタリングは希少なデータであり、台風と前線の干渉により微気圧波群が発生する状況を示した研究は見受けられず、日本近海の気象津波の実態解明に貢献できる。将来予測の不確実性評価において、多数の資料を解析可能な統計的モデリングの重要性はIPCC AR6でも強調されている。本研究により高潮・高波の簡易高速推定法を構築した事で全球規模の台風災害の将来変化を検討する準備が整った。上記の図-7や図-9のような大アンサンブル資料に基づく不確実性の幅を示した将来変化予測結果は他に類をみない。

【今後の展望】

現段階では要素技術の開発に時間を費やし、当初予定していた将来の影響評価に関するアウトプットが少ない状況である。今後はこれらの手法を組み合わせ、将来変化予測の事例数を増やすとともに、どのような低気圧特性の変化が災害の変化につながっているのか、という因果関係の分析を進める。海外研究者との共同研究も展開する。リアルタイム予測の不確実性が災害予測に及ぼす影響の分析についても同様にさらに分析を進める。爆弾低気圧の将来変化については研究しているものの、今回開発した高潮・高波推算ツールを用いた解析や気象津波の因子としての分析はできていないため、引き続き相互の関連性を追求する。気象津波のANNによる事前予測については、気象モデルの結果を活用することで、これまでの仮想微気圧波を用いた検討から、ノイズとしての気圧・水位変動が含まれる場を対象とした学習データ、検証データを作成できるようになると考えている。

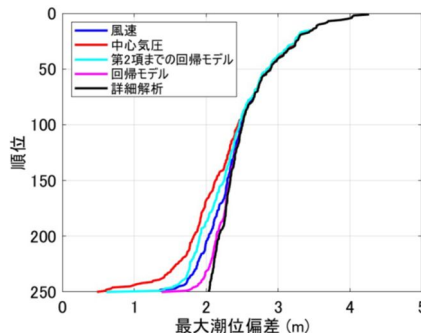


図-6 各スクリーニング法による最大高潮偏差の精度比較

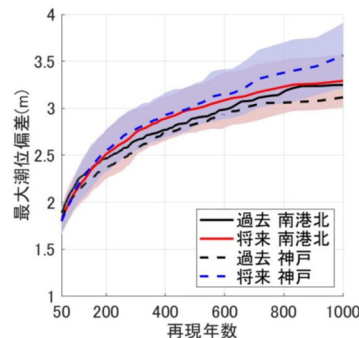


図-7 大阪湾奥の2地点における各再現年数の最大潮位偏差の将来変化

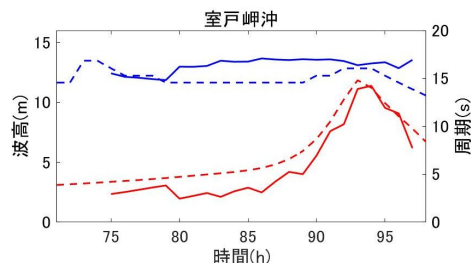


図-8 高速波浪推算法の精度検証例(破線はスペクトル法, 実線は新手法)

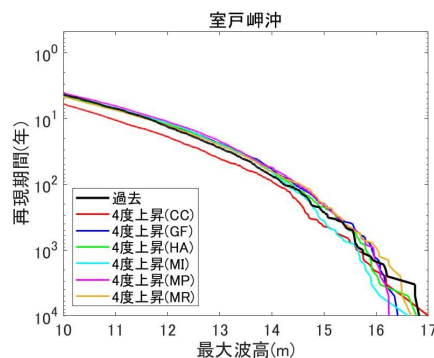


図-9 台風による極端波高の将来変化

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計29件（うち査読付論文 29件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 27件）

1. 著者名 堀田 大幹, 中條 壮大	4. 巻 Vol. 77, No. 2
2. 論文標題 低頻度高波浪事象スクリーニングのための簡易高速波浪推算法の外海での適用性	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_97-I_102
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_97	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	4. 巻 Vol. 8, No. 1
2. 論文標題 予測の不確実性が考慮された仮想台風シナリオを用いた防災訓練教材の構築と改善に向けた評価	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 都市防災研究論文集	6. 最初と最後の頁 61-66
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 中條 壮大, 森 信人	4. 巻 Vol. 77, No. 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 豊田 将也, 森 信人, 金 洙列, 澁谷 容子	4. 巻 Vol.77, No.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 間瀬 肇, 由比政年, 金 洙列, 榎田真也, 松下紘資, 安田誠宏, 平山克也	4. 巻 Vol.77, No.1
2. 論文標題 越波流量算定式の再考察とIFORMの精度向上	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 18-27
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.77.1_18	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 Vol.77, No.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 JO, J., Kim, S., Mase, H., Mori, N. and Tsujimoto, G.	4. 巻 Vol.77, No.1
2. 論文標題 Development of a coupled coastal flood model of surge, wave, precipitation and sewer backflow for urban area	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_253-I_258
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_253	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 Takagi M., J. Ninomiya, N. Mori, T. Shimura and T. Miyashita	4. 巻 64:1
2. 論文標題 Impacts of Wave-Induced Ocean Surface Turbulent Kinetic Energy Flux on Typhoon Characteristics	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Coastal Engineering Journal	6. 最初と最後の頁 151-168
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/21664250.2021.2017191	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 小池宏之進, 森 信人, 志村智也, 宮下卓也, 二宮順一	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 MRI-AGCM150年予測を用いた気候変動に伴う爆弾低気圧の将来変化と日本沿岸波浪への影響	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_955-I_960
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_955	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 岩崎鷹也, 増田和輝, 二宮順一	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 ニューラルネットワークを用いた富山湾沿岸波浪推算モデルによる気候変動影響評価	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_979-I_984
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_979	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 二宮順一, 竹見哲也, 森 信人	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 大気海洋波浪結合モデルを用いた台風Haiyanの擬似温暖化実験	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_985-I_990
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_985	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 高木雅史, 森 信人, 二宮順一, 志村智也, 宮下卓也	4. 巻 Vol.77, No.2
2. 論文標題 風波砕波による海洋表層混合の台風への影響	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_997-I_1002
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_997	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 Ninomiya, J., Y. Taka, N. Mori	4. 巻 Volume 237
2. 論文標題 Projecting changes in explosive cyclones and high waves around Japan using a mega-ensemble projection	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Ocean Engineering	6. 最初と最後の頁 109634
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.oceaneng.2021.109634	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, 迫間 悠志	4. 巻 78
2. 論文標題 極端高潮を引き起こす台風抽出方法の検討と大阪湾における高潮リスクの将来変化	5. 発行年 2022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_979-I_984
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.78.2_I_979	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, 寛長 直樹, 金 洙列	4. 巻 78
2. 論文標題 北東進する微気圧波による大阪湾内の気象津波増幅特性とその評価に格子解像度が及ぼす影響	5. 発行年 2022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_355-I_360
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.78.2_I_355	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	4. 巻 9
2. 論文標題 近年の幾つかの台風事例を用いた降水短時間予報誤差 とその分布特性の比較	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 都市防災研究論文集	6. 最初と最後の頁 7-12
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.24544/ocu.20221104-008	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 -

〔学会発表〕 計16件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 3件）

1. 発表者名 中條壮大
2. 発表標題 予測の不確実性が考慮された仮想台風シナリオを用いた防災訓練教材の構築と改善に向けた評価
3. 学会等名 都市防災研究シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中條壮大, 森 信人
2. 発表標題 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
3. 学会等名 海洋開発シンポジウム
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 寛長直樹, 中條壮大
2. 発表標題 大阪湾上を通過する微気圧波群の進行特性と気象津波の発達特性の関係
3. 学会等名 土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 堀田大幹, 中條壮大
2. 発表標題 台風による低頻度高波浪事象のスクリーニングのための簡易高速波浪推算法の検討
3. 学会等名 土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 安井慶人, 中條壮大
2. 発表標題 台風予報の不確実性のリアルタイム評価に関する基礎的研究
3. 学会等名 土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Sota Nakajo
2. 発表標題 Assessment of uncertainty in estimating future extreme storm surge in Osaka Bay using large ensemble typhoon data
3. 学会等名 International Conference on Coastal Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中條壮大, 迫間悠志
2. 発表標題 極端高潮を引き起こす台風抽出方法の検討と大阪湾における高潮リスクの将来変化
3. 学会等名 海岸工学講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中條壮大
2. 発表標題 近年の幾つかの台風事例を用いた降水短時間予報誤差 とその分布特性の比較
3. 学会等名 都市防災研究シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 中條壯大, 寛長直樹, 金洙列
2. 発表標題 北東進する微気圧波による大阪湾内の気象津波増幅特性とその評価に格子解像度が及ぼす影響
3. 学会等名 海洋開発シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junbeom Jo, Sooyoul Kim, Hajime Mase, Nobuhito Mori, Gozo Tsujimoto
2. 発表標題 TYPHOON JEBI-INDUCED FLOOD MODELING DUE TO WAVE OVERTOPPING/RUNUP AND REVERSE FLOW AT KANSAI AIRPORT
3. 学会等名 International Conference on Coastal Engineering 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Junbeom Jo, Sooyoul Kim, Nobuhito Mori, Gozo Tsujimoto, Hajime Mase
2. 発表標題 Numerical Study on Effects of Storm Surge, High Wave and Tide on Coastal Inundation
3. 学会等名 AOGS 2022 (国際学会)
4. 発表年 2022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	二宮 順一 (Ninomiya Junichi) (20748892)	金沢大学・地球社会基盤学系・准教授 (13301)	

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 Sooyoul) (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)	

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