

令和 3 年 6 月 16 日現在

機関番号：82102

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04377

研究課題名(和文) 強大台風下の海洋観測に基づく温暖化時の高潮・高波・浸水予測

研究課題名(英文) Prediction of maximum possible storm surges based on observations

研究代表者

村上 智一 (Murakami, Tomokazu)

国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・主任研究員

研究者番号：80420371

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,300,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、温暖化時の強大台風と匹敵する台風下の流速・波浪などの海洋実測データを取得し、それを基にした高潮・高波・浸水の数値予測を行うことである。WavesADCPおよび水温計を西表島網取湾に設置し、強大台風下の海洋観測データおよび気象平常時の海洋観測データの取得を取得した。その結果、西表島アメダス観測所にて最大瞬間風速42.4 m/sを記録した台風1808号下などの流速、波浪、水温データの取得に成功した。そして、津波シミュレータT-STOCを高潮浸水解析を実施できるように改良し、可能最大級台風下の高潮による浸水などを予測した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究によって、温暖化時に三大湾に來襲すると予測されている強大台風と相当する台風下の流速などのデータを取得した。これによって、信頼性の高い高潮・高波・浸水を予測することができた。この結果は、計画規模を上回る高潮に対するハード面の整備を議論する際、基礎検討の一助として活用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：This study aims at predictions of maximum possible storm surges. To improve the accuracy of the storm surge forecast simulation, it is necessary to correctly evaluate the wind drag coefficient, which represents the shear stress acting on the sea surface from the wind. However, it is uncertain whether the bulk formula of the wind drag coefficient based on the past typhoons is suitable for the storm surge caused by a strong typhoon. From this situation, we require the observation data of many typhoons generated by global warming. Data of current, wave, wind were under strong typhoons were observed under in Amitori Bay of Iriomote Island. Next, we added the input function of meteorological field into T-STOC so as to calculate storm surge. As a result, T-STOC with the function of meteorological field was confirmed to reproduce the maximum value of storm surge deviation, and T-STOC is said to be able to simulate storm surge inundation.

研究分野：海岸工学

キーワード：台風 流速 高潮 数値予測

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

数値モデルを用いた研究では、IPCCの温暖化シナリオA1Bの下で強大化した台風が2099年の伊勢湾に来襲した場合、名古屋で最大平均風速45.2 m/sの暴風が吹くと予測された。これは、1959年の伊勢湾台風時に名古屋で観測された既往最大平均風速37.0 m/sを大きく上回るものである。そのため、これまでにない暴風によって引き起こされる高潮・高波・浸水を想定することが沿岸防災上の重要事項となっている。

実際に、既往の台風の強度を上回る台風を想定し(スーパー伊勢湾台風など)、それが三大湾に来襲した場合の高潮・高波・浸水を予測する研究が数多く行われてきた。それらの結果では、三大湾において激甚な高潮・高波災害が発生する可能性も示されている。

しかしながら、これらの高潮・高波・浸水の予測研究では、既往の台風時の風速下で得られた海洋観測データによって検証された高潮の物理理論、海面抵抗係数のバルク式や乱流モデルが用いられている。そのため、これらが温暖化時の強大台風下の暴風においても同様に適用できるかに疑問が残り、それによって予測された高潮・高波・浸水の精度や信頼性の再検討が必要となっている。

### 2. 研究の目的

本研究の目的は、前述した高潮・高波・浸水の研究において予測している温暖化時の激甚な高潮災害が現実のものとなる前に、既往の台風時の風速下で得られた海洋観測データに基づく高潮の物理理論、海面抵抗係数のバルク式や乱流モデルの信頼性の問題を解決させ、この結果を踏まえた新たな高潮・高波・浸水予測を行い、その災害リスクを明らかにすることである。

### 3. 研究の方法

#### (1) 観測位置およびその方法

観測は、沖縄県西表島網取湾において実施された。網取湾は、北緯24度19分44秒、東経123度42分7秒にあり、地理的条件より強大台風が来襲しやすい位置にある。また、主要な河川が無いため、淡水による海への流れ(密度流)の影響は無視することができる。流況(流向・流速)および波浪の定点観測には、WavesADCP(周波数:600 kHz, ビーム数:4本, ビーム角度:20°)を用いた。平均海面から水深 $h = 12.4$  mの海底に固定し、解像度の高いデータを得るため、層厚を50 cm, アンサンブル間隔を10分(その間の観測回数:100回)に設定した。また、流速の精度を確保するため、データ取得率が全ての月で8割を超える $h = 3.4$  m以深の流速値を用いる。なお、流速の測定誤差は、0.01 m/s程度である。風況(風向・風速)の観測は、WavesADCP設置位置から約400 m離れた陸上に設置された風速計を用いた。なお、周辺環境の影響により欠損期間もあったことから、西表島アメダス観測所で得られる風況データも利用した。

#### (2) 数値予測

高潮による浸水状況被害を精度よく予測するには、沿岸域の防護施設を含む高解像度のモデルを構築し、外洋から沿岸域をネスティング接続する手法が考えられる。外洋から陸域の浸水までを一体的に解析できる公開プログラムの一つとして、港湾空港技術研究所の津波シミュレータT-STOCが挙げられる。T-STOCは異なる格子解像度のネスティング接続に対応、準3次元モデルと3次元モデルの連携が可能、という2点で沿岸域の高潮解析に適している。ただし、T-STOCは高潮津波シミュレータSTOCのうち津波解析に係る部分のみを取り出したプログラムであり、そのままでは台風気象場を外力として入力できない。また、STOCを高潮解析に適用した事例も津波解析と比較して極めて少なく、現状では精度検証が十分になされていない。そこで、本研究では、T-STOCを高潮解析に適用できるようにプログラムを改良する。そして、これを用いて、建物の形状および配置を考慮した格子幅2mの高潮浸水解析モデルを構築し、可能最大級の高潮による3次元の高潮浸水解析を実施した。

### 4. 研究成果

#### (1) 観測結果

本研究期間中に、西表島アメダス観測所にて最大瞬間風速42.4 m/sを記録した台風1808号(図1)など計9個の台風下の流速、波浪、水温データの取得に成功した。また、年間を通じた観測を行うことで、気象平常時の流速、波浪、水温データも取得できた。

温暖化時の強大台風と匹敵する台風下での海水流動の特性について検討した。その結果、網取湾を通過する台風経路の違い、すなわち、25m/sを越える風速を持つ台風であっても湾内への風向の違いによって、水面表層から下層までの流速の発達および下層への運動量輸送過程に明確な違いがあることを示した。また、強風で生じる湾内の流れは、潮汐以外の要因による非周期的

な流れは存在せず、風および地形による影響を受けて生成されることを明らかにした。湾内の風況・流況は、台風の経路によって大きく異なり、湾口から湾奥への風向きのおき、吹送距離が十分にあるため、湾内の流れは表層だけでなく、海底でも発達することがわかった。表層よりも下層でレイノルズ応力が増加することから、下層への運動量輸送が大きく、強大台風による海水混合の大きさを示す結果となった。

## (2) 数値予測の結果

T-STOC のプログラム改良では、次のことを実施した。T-STOC に対して台風外力を入力できるように、データ入力部を改良した。様々な外力データに対応するため、外力データは各時刻の大気圧および風速の平面分布を読み込み、時間方向は解析コード内で線形補間した。プログラムの動作検証として、同じメッシュ幅で領域を分割する解析、メッシュ幅が異なる領域を接続するネスティング解析、領域分割とネスティングを組合せた解析の3つを実施した。また、既往台風の再現解析では、まず2004年台風16号(T0416)および2005年台風14号(T0514)を対象とする再現解析を実施した。解析領域は九州から関東の沿岸域を含む範囲とし、内閣府が公表している水深データを使用した。メッシュ幅は810mから90mまでの3領域をネスティングにより接続し、それぞれ2~8領域に分割してMPIによる並列解析とした。鉛直方向は1層の平面2次元モデルとした。気象場はMyersの経験的台風モデルに基づいて作成し、台風半径は中心気圧から国土技術政策総合研究所の経験式を用いて算出した。解析時間は助走期間6時間を含めて42時間とした。解析結果について、潮位偏差を観測結果と比較した結果、T0416の風速場、気圧場、潮位偏差分布から、風外力に追従して潮位偏差分布が移動する様子を確認できた。

3次元の高潮浸水解析(図2)では、建物等が多く存在する地域の詳細な浸水過程を検討するためには、従来の底面粗度係数を用いた平面2次元モデルではなく、建物の形状・配置のモデル化や境界条件等の設定が可能で3次元モデルを利用することが重要であることを示した。建物の形状および配置を考慮することで、局所的な危険箇所を表現できるため、ハザードマップや避難計画の検討に有用な情報となり得ること、および防潮扉の開放/閉鎖により、堤内地の浸水過程や流速分布に大きな影響を与えることが明らかとなった。

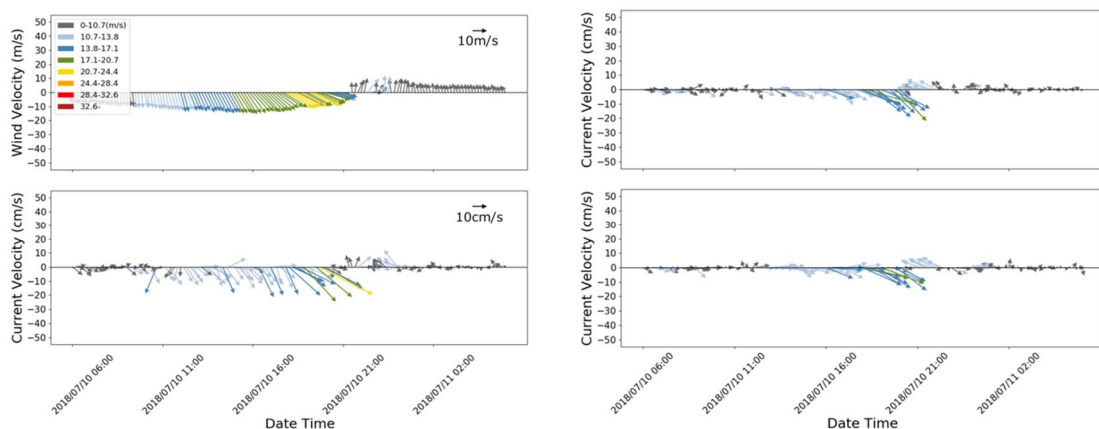


図1 台風1808号襲来時の風向・風速および表層・中層・下層の水平流向・流速の時間変化

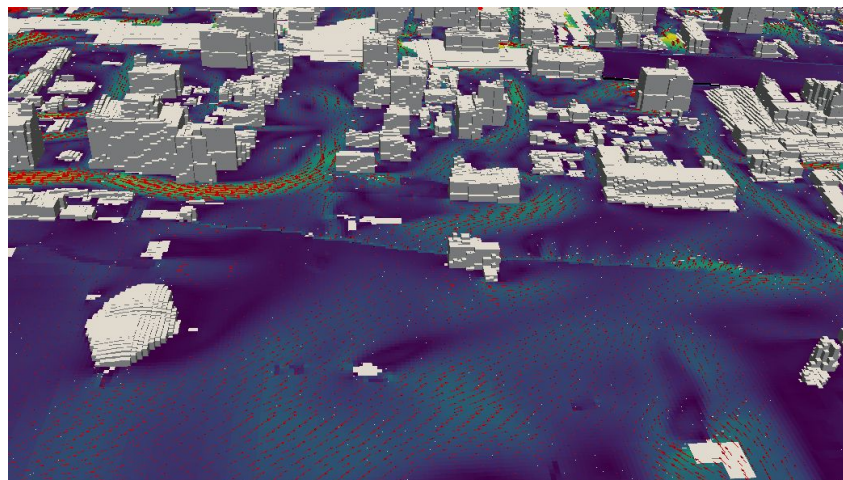


図2 3次元の高潮浸水解析結果

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計8件（うち査読付論文 8件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 川崎 浩司, 二村 昌樹, 村上 智一, 下川 信也, 尼子 順子	4. 巻 75
2. 論文標題 非構造格子海洋流動モデルFVCOMによる伊勢湾湾奥部の高潮浸水計算	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 I_223 ~ I_228
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_223	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 二村 昌樹, 川崎 浩司, 村上 智一, 下川 信也, 飯塚 聡	4. 巻 75
2. 論文標題 津波シミュレータT-STOCを用いた可能最大級台風による名古屋港周辺の高潮浸水解析	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 I_229 ~ I_234
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/kaigan.75.I_229	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 村上 智一, 河野 裕美, 中村 雅子, 黒澤 華織, 國島 綾乃, 竹下 遥平, 水谷 晃, 下川 信也	4. 巻 75
2. 論文標題 西表島網取湾における2016年大規模白化後のミドリイシ科サンゴ群集の回復状況	5. 発行年 2019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_498 ~ I_503
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.75.I_498	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 二村昌樹, 川崎浩司, 村上智一, 下川信也	4. 巻 74
2. 論文標題 津波シミュレータT-STOCの高潮解析への適用と精度検証	5. 発行年 2018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 p. I_559-I_564
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 Nimura Masaki, Nishida Shuzo, Kawasaki Koji, Murakami Tomokazu, Shimokawa Shinya	4. 巻 8
2. 論文標題 Storm Surge Inundation Analysis with Consideration of Building Shape and Layout at Ise Bay by Maximum Potential Typhoon	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 1024 ~ 1024
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jmse8121024	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 二村昌樹, 川崎浩司, 村上智一, 下川信也, 飯塚聡, 西田修三	4. 巻 76
2. 論文標題 津波シミュレータT-STOCの静水圧・非静水圧モデルの高潮浸水解析に対する適用性	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_115 ~ I_120
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_115	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 二村昌樹, 川崎浩司, 村上智一, 下川信也, 飯塚聡, 西田修三	4. 巻 76
2. 論文標題 建物形状・配置を考慮した名古屋港周辺における可能最大級高潮の3次元浸水解析	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 I_222 ~ I_227
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejoe.76.2_i_222	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 石川綾乃, 小笠原敏記, 村上智一, 河野裕美, 水谷晃, 下川信也	4. 巻 76
2. 論文標題 西表島網取湾における長期定点観測による台風時の海水流動特性	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_127 ~ I_132
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_127	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 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 Ayano Ishikawa, Toshinori Ogasawara, Tomokazu Murakami
2. 発表標題 Characteristics of Ocean Currents at Various Wind Speeds Based on Observations in Amitori Bay, Iriomotejima Island, Japan
3. 学会等名 Asia Oceania Geosciences Society2019 (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 岡辺 拓巳, 村上 智一, 河野 裕美, 水谷 晃, 下川 信也
2. 発表標題 画像解析に基づいた西表島浦内川の底質粒径の分布
3. 学会等名 平成31年度日本沿岸域学会研究討論会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 石川綾乃, 小笠原敏記, 村上智一
2. 発表標題 西表島網取湾における観測データをもとにした流れの季節的特性について
3. 学会等名 土木学会東北支部技術研究発表会
4. 発表年 2019年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 SHIMOKAWA Shinya, MURAKAMI Tomokazu, KOHNO Hiroyoshi	4. 発行年 2020年
2. 出版社 Springer	5. 総ページ数 273
3. 書名 Geophysical Approach to Marine Coastal Ecology -The Case of Iriomote Island, Japan	

〔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	下川 信也  (Shimokawa Shinya)  (40360367)	国立研究開発法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究部門・総括主任研究員    (82102)	
研究分担者	河野 裕美  (Kohno Hiroyoshi)  (30439682)	東海大学・沖縄地域研究センター・教授    (32644)	
研究分担者	水谷 晃  (Mizutani Akira)  (80773134)	東海大学・沖縄地域研究センター・技術職員    (32644)	
研究分担者	小笠原 敏記  (Ogasawara Toshinori)  (60374865)	岩手大学・理工学部・教授    (11201)	
研究分担者	岡辺 拓巳  (Okabe Takumi)  (50464160)	三重大学・生物資源学研究所・准教授    (14101)	

## 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