

令和元年6月17日現在

機関番号：13904

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2017～2018

課題番号：17H06760

研究課題名（和文）熱帯低気圧にともなうメソスケール沿岸域土砂輸送機構の解明

研究課題名（英文）Evaluation of mechanism of sediment transport in meso-scale coastal zone under tropical cyclone

研究代表者

中村 亮太（Nakamura, Ryota）

豊橋技術科学大学・工学（系）研究科（研究院）・助教

研究者番号：90805938

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 1,700,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、熱帯低気圧にともなう土砂輸送・地形変化の機構の解明と定量的な評価を目的として、複数の数値計算モデルを用いた再現計算を行った。研究対象とした複雑な海浜流動場が発生している干潟において、数値計算の算定結果は定性的に符合しており、対象領域における地形変化機構を定性的に解明することは可能であった。他方で、定量的には過小評価する結果となっており、数値計算モデルの更なる改善を必要とすることも分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究では、熱帯低気圧の通過にともなう土砂移動・地形変化機構の基礎的な解明を数値計算モデルにて試みた。本研究による成果は熱帯低気圧による土砂移動や地形変化に関する学術的な基礎的知見の増加に資するだけでなく、例えば熱帯低気圧通過にともなう港湾における航路埋没などの研究にもつながると考えている。このようにすることで、社会基盤施設への自然現象の定量的な予測が可能となり、人間の社会活動を阻害する要因を解明することができると考えている。

研究成果の概要（英文）：This study conducts a qualitative and quantitative analysis of sediment transport and morphological changes under tropical cyclones using the comprehensive numerical modelling system. Target area is tidal flat where complex nearshore currents usually occurred. The results of numerical simulation for morphological changes qualitatively agree with the observation, which indicates the developed system can evaluate the mechanism of morphological changes. On the other hand, the prediction results are underestimated compared with the observation, so a further improvement for numerical system could be required. Finally, it can be said that there is a need to apply the modelling system to other coastal area in order to increase an accuracy of simulation for sediment transport and morphological changes under tropical cyclones.

研究分野：海岸工学

キーワード：台風 地形変化 干潟 海浜流

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 気候変動にともなう熱帯低気圧の強度と頻度の変化が IPCC 第五次作業部会によって言及されている。ここで、熱帯低気圧の将来変化にともなう海域や河川域の物理環境場の変化、すなわち沿岸域の気候変動影響評価が数多く行われている。例えば、将来の高潮の発生頻度と強度を求めるために、高潮の将来予測モデルの構築と数値投影実験がなされている。これらの研究では、全球大気循環モデルの CMIP5 の将来シナリオの出力結果を用いて、熱帯低気圧を力学的空間詳細化して、高潮偏差の将来変化を推算している。また、波浪の定量的な将来変化も全球気候変動モデルのアンサンブル出力結果を用いて算出されている。さらに、全球レベルの洪水発生頻度・規模を複数の数値計算モデルを用いて投影し、モデルバイアスを考慮した定量的な将来変化についても言及されている。他方で、全球レベルでの土砂輸送や海浜変形に関する研究では、数値計算結果を用いた研究事例は少なく、数十年に及ぶ観測結果を用いて、その全球規模の変化を定性的に言及している程度である。したがって、遠い未来を見据えて地形変化の評価を定量的に行うことを可能とする方法論を開発して、基礎的な知見を蓄えておくことが必要であると考えられる。

(2) 前述のように気候変動後の熱帯低気圧にともなう地形変化は重要な研究テーマであると考えられる。しかしながら、熱帯低気圧や温帯低気圧による土砂輸送の変化による海浜変形や漂砂環境の変化を数値計算にて 3 次元的に評価している研究事例はほとんどない。その理由としては、高潮や波浪などの数値計算と比較すると、漂砂・掃流砂環境や海浜変形などの土砂輸送の数値計算は、より数値予測の不確実性が高いためであると考えられる。さらに、良質な現地観測データを所得することも難しいということも背景にあると考えられる。したがって、まずは、発生した台風にともなう土砂輸送や地形変化を数値予測して、良質な観測情報と比較することで、台風下の土砂輸送や地形変化に関する基礎的な解明を行う必要がある。そのために、複数の数値予測モデルからなるシステムと現地調査結果を用いて、研究遂行期間内に発生した低気圧通過前後にともなう地形変化に注目して、漂砂環境や海浜変形に関わる河川域・海域の影響などを含めた定量的な評価を行う必要がある。

### 2. 研究の目的

(1) 地球温暖化にともなう気候変動としての熱帯低気圧やそれによる高潮・高波の頻度・強度の変化が指摘されている。一方で、台風などの熱帯低気圧に伴う沿岸域の土砂輸送の推算は不確実性を有し、数値計算による定量的な予測はあまり行われていない。本研究では、沿岸域の気候変動影響評価の研究へ資することを目的として、熱帯低気圧にともなう沿岸域土砂輸送の動態変化に関する研究を遂行する。以下に記述する研究対象地点において、台風通過前後に注目した土砂輸送の動態変化を高潮・高波との相互作用の影響などを含めて現地調査と数値計算により把握する。数値計算では、海洋流動・波浪数値計算モデルと土砂輸送モデルを組み合わせたモデルを用いて、土砂輸送にともなう海浜変形や漂砂・掃流砂環境の変化を定量的に評価する。

(2) 研究対象とする地域は研究開始当初は遠州灘沿岸域であったが、本研究を遂行期間において流れ場と地形変化に関する良質な観測情報が三河湾内の干潟上で得られたために、後者を研究対象地域とした。愛知県西尾市東幡豆において陸繋島にかけてトンボ口現象が見られるこの干潟においては、2017 年台風 18 号によって干潟の頂部において西向きの地形変化を観測することができた。その発生した地形変化の機構の解明を複数の数値計算モデルを用いて試みた。ここでは、数十センチメートル程度の地形変化を UAV と GNSS-RTK を用いて空間的に計測した。そして、この地域を対象とすることで、干潟上の地形変化機構の解明だけでなく、構築した数値計算システムの検証に用いることができると考えた。以下に雑誌論文(1)に基づいて研究方法と成果の報告を行う。

### 3. 研究の方法

(1) 図-1 に示すように数値計算モデルの構成は、物理量の相互交換を行わない一方向モデルとした。気象庁 GPV-MSM の予測値を境界値として、非構造格子海洋モデル FVCOM 4.1 と非構造格子第三世代波浪モデル UNSWAN を用いた。用いた理由は、これらの数値計算モデルの予測精度が高いためである(学会発表 1, 2, 3, 5 に関連)。UNSWAN と FVCOM に用いた非構造格子は同一として、本州太平洋側から伊勢湾・三河湾を含む領域とした。非構造計算格子は三河湾の干潟周

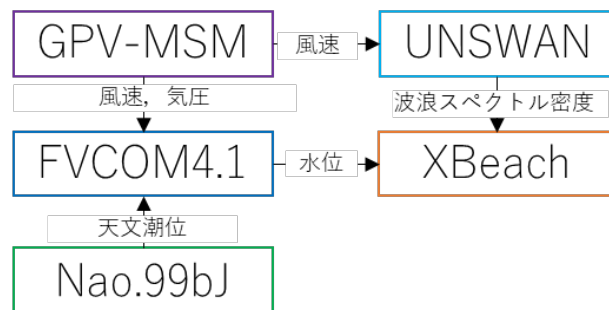


図-1 研究で用いた数値計算の構成

辺にかけて徐々に細かくすることで数値計算の精度の向上を試みた。Nao.99bJによって得られた天文潮位を FVCOM の開境界条件に与えた。FVCOM によって算定された海面水位と UNSWAN によって算定された波浪スペクトル密度分布を、土砂輸送モデルである XBeach の境界条件として設定して愛知県東幡豆付近のトンボ口干潟が確認されている領域の地形変化機構を評価した。

(2)地形変化の予測数値モデルとして用いた XBeach は、浅水方程式、エネルギー平衡方程式、移流拡散方程式を流れ場と短周期波浪場及び土砂輸送モデルの算定に用いている。本研究では、東幡豆の漁港も含めた数キロメートルの沿岸域を計算領域とした。数値計算モデルに用いた水深データは、2017年9月5日に UAV・GNSS-RTK と Photoscan から定量的に推定した地形(学会発表4に関連)に内閣府防災会議の10m解像度の水深データを合わせたものを用いた。防波堤の位置も Google Earth を用いて、その位置を特定して、数値計算の初期条件に組み込むことで、海浜の物理場を高度に求めることを試みた。

#### 4. 研究成果

(1) 図-2 に研究対象とした前島付近の海浜流動場と底面シアの数値算定結果を示す。計算領域では、東向きの波浪にともなって複雑な海浜流動場が形成されていた。ここで、南西向きの海浜流が干潟上で発生していた。波浪のセットアップによる戻り流れなどがこの海浜流の要因として考えられる。東幡豆町付近から蛇行して干潟上へ流れていた海浜流の強度は、0.5-0.7m/s 程度であった。同様の流れの向きは、満潮などの比較的高潮位の際に数値計算なされてはいたものの、その流れ場の強度は 0.1m/s 以下程度であった。しかしながら、前述したように台風の通過の際には、波浪の強度の増加にともなってその強度が強くなっていた。したがって、台風による海浜流動場の強度の増加によって干潟上にて地形変化が発生したと考えられる。

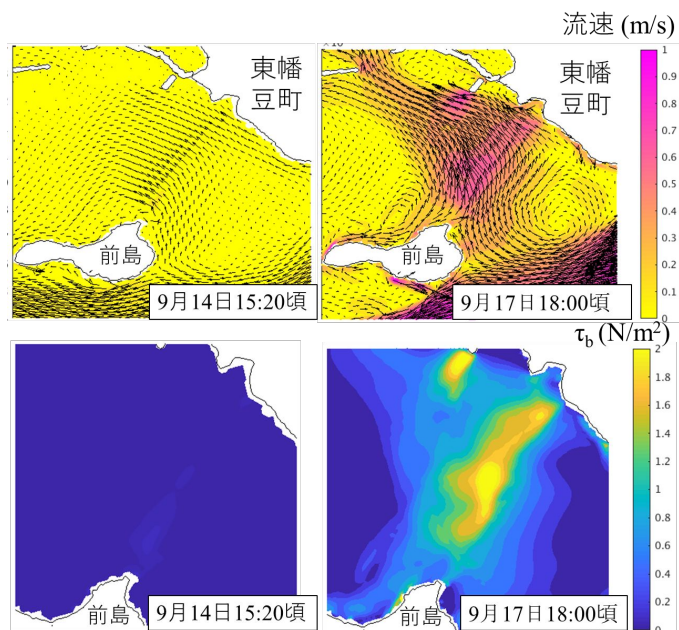


図-2 前島付近の海浜流動場(上段)と底面シアの平面分布図(下段)

(2) 台風の来襲時においては、前述した海浜流動場の強度の増加にともなって、底面シアの増加の傾向が特にみられた(図-2, 下図)。この底面シアの増加によって、数値計算モデルでは干潟上の土砂が西から東向きに発生して地形変化が発生していた。ここで、この底面シアの増加の傾向は、台風の通過前後の半日程度続いており、これが地形変化を引き起こした要因であると考えられる。また、比較的水深が浅い干潟頂部の領域においては、流速の増加の傾向が確認されており、底面シアの増加傾向が顕著にみられた。このように干潟の頂部は比較的に影響を受けやすい領域であることが数値計算の結果として確認できた。

(3) 干潟上における台風通過前後における地形変化と通常期における地形変化を比較した。台風通過前後では比較的に土砂移動による地形変化が顕著に発生していたものの、それ以外の時間帯においては地形変化に関する特段の変化はみられなかった。また、数値計算で求めた地形変化に関しては、UAV と RTK-GNSS による観測値と定性的に合致していたが、定量的には過小評価していた。そのため、より精度の高い地形変化の数値予測を行うためには更なる数値計算モデルの改良などを行う必要があることが分かった。(詳細な計算結果等は雑誌論文 1 を参照)

(4) 本研究では、干潟上の地形変化を対象としてその定量的な予測を試みた。しかしながら、定量的な予測結果は過小評価しているため、より最適な物理パラメータなどを設定する必要があると考えている。ここで、一般的な海浜における土砂移動モデルは多くのパラメータを有しており、そのパラメータの設定には地域性が強いと考えられる。したがって、沿岸域における土砂移動や地形変化を統一的に求めることができる万能な土砂移動モデルというのは開発することが難しく、結局のところ、地域ごとに整合する土砂移動・地形変化モデルを開発することしかできないのではないかと考えている。そのため、本研究の成果として、数値計算のフレームワークを構築することができたため、他のケースにも地道に適用していき、地域の特性に合致する物理量を探するという方法以外に、台風発生時における広範囲の土砂輸送・地形変化を定

量的な数値予測や評価を行う方法はないのではないかと考えている。したがって、今後の方針としては、本研究の方法論を用いて他のケースにも適用して、土砂輸送モデルの数値予測の不確実性も評価していきたいと考えている。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 1 件)

(1) 中村亮太, 加藤茂, 田畑貴大 (2018) 台風 1718 号にともなう干潟上の地形変化機構の解明 -愛知県西尾市東幡豆の事例-, 土木学会論文集 B2(海岸工学), 74(2), I\_823-I\_828 .(査読有)

〔学会発表〕(計 6 件)

(1) Ryota Nakamura, Martin Mäll, Tomoya Shibayama, Shigeru Kato. (2018): Inter-Comparison of Coastal Models: Case Study of Storm Surge at Nemuro in Japan. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE), Baltimore, USA. (poster presentation)

(2) Martin Mäll, Ryota Nakamura, Tomoya Shibayama, Ülo Suursaar. (2018): Modelling Parameters and Impacts of Four Extratropical Cyclones under Future Climate Scenarios. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE), Baltimore, USA. (oral presentation)

(3) Shinsaku Nishizaki, Ryota Nakamura, Tomoya Shibayama, Jacob Stolle. (2018): Future Wave Projection during the Typhoon and Winter Storm Season. 36th International Conference on Coastal Engineering (ICCE), Baltimore, USA. (oral presentation)

(4) 田畑貴大, 加藤茂, 中村亮太 (2018): UAV による沿岸地形計測の高精度化に関する検討, 平成 30 年日本沿岸域学会研究討論会, 横浜商工会議所.

(5) 中所雅裕, 中村亮太, 加藤茂 (2018): 感潮域における高潮発生時の塩分鉛直構造に関する数値的研究, 平成 30 年日本沿岸域学会研究討論会, 横浜商工会議所.

(6) 小田敏弘, 西園大貴, 田畑貴大, 中村亮太, 加藤茂 (2018): 前島トンボロ干潟における水位・流況観測と地形・表層土砂特性の調査, 平成 30 年度土木学会中部支部, 名古屋大学東山キャンパス.

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。