

平成 30 年 6 月 9 日現在

機関番号：12608

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2017

課題番号：26702009

研究課題名(和文) 低頻度巨大高潮によるメコンデルタ都市の激甚水災害リスクの研究

研究課題名(英文) Risk Analysis of High-Impact, Low-Frequency Typhoon Storm Surges in the Mekong Delta

研究代表者

高木 泰士 (Takagi, Hiroshi)

東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授

研究者番号：40619847

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 6,000,000円

研究成果の概要(和文)：メコンデルタの都市は極めて低平な土地に発展しており、台風の発生は稀であるが、これまで想定されていない規模の高潮・洪水が発生した場合、人命や経済活動に多大な影響を及ぼす大災害が発生する可能性がある。本研究では、メコンデルタに適用可能な海洋・河川統合高潮モデルの開発を行い、海面上昇や地盤沈下の影響も反映して将来の洪水予測を行った。また、住民インタビューで台風の意識や知識について調査を行い、カンター市などメコンデルタ都市における激甚水災害に対する社会的脆弱性について検証を行った。

研究成果の概要(英文)：The present study developed the model that inundation levels in the Mekong Delta can be estimated by considering ocean tides, sea-level rise, storm surges, and land subsidence. Our analysis of inundation patterns projects that the duration of inundation at an important road in Can Tho will continue to rise from the current total of 72 inundated days per year to 270 days by 2030 and 365 days by 2050. People in the Mekong Delta have traditionally lived with floods, and thus there is certain resilience among residents in coping with small floods. At present, daily maximum inundation depth, which is generally shallower than 10 cm on the road, seems to be still manageable; however, our analysis indicates that this will start drastically increasing in the coming decades and reach an average depth of 70 cm by 2050. Effective and well-planned actions to mitigate the effects of future potential major typhoons are urgently required.

研究分野：沿岸域防災

キーワード：開発途上国 台風 高潮 メコンデルタ 洪水 地盤沈下 海面上昇 ベトナム

1. 研究開始当初の背景

メコンデルタの都市は極めて低平な土地に発展しており、台風の発生は稀ではあるが、これまで全く想定されていない大規模な高潮が発生した場合、人命や経済活動に多大な影響を及ぼす大洪水が発生する可能性がある。また、海面上昇をはじめとする気候変動の様々な影響は域内の洪水リスクを増長させる。メコン河下流域では近年人口増加が進むとともに諸外国からの経済投資が非常に活発化してきているが、災害に対する備えや住民の防災意識は依然として低い。カントー市などメコンデルタの都市は極めて低平な土地に発展しており、雨季にはしばしば浸水被害が発生する。また、メコン河の下流域は河床勾配が極めて緩やかなため、河口から80kmも内陸に位置するカントー市でさえ、河川水位は外洋の潮位変動と連動している。この地域は、台風の発生頻度は大きくないが、無視できるほど希少ではない。特に、雨季のピークと台風の発生時期がほぼ重なるため、河川の高水位と数十年～百年に一度クラスの高潮が同時に発生した場合、人命や経済活動に深刻な影響を及ぼす大洪水が発生してもおかしくはない。

2. 研究の目的

本研究では、メコンデルタに適用可能な海洋・河川統合高潮モデルや台風モデルの開発、および現地データを収集し、カントー市などメコンデルタ都市における高潮による激甚水災害リスクの検証を行う。併せて、水災害リスクを増幅しうる社会的要因を調査する。以上より、将来起こりうる最大規模の水災害による被害軽減に資する成果を導く。

3. 研究の方法

本研究では、河川調査・標高計測、水位データ分析、水位予測モデル作成、洪水シミュレーション開発、水災害リスク評価の5段階の研究を行う。メコン河の流況、水位変動、水深ならびに代表都市・集落の標高を計測し、取得データを元に潮位の伝播特性や標高特性を分析する。その結果を使用し、水位変動の調和解析を行い、任意時刻の水位予測モデルを構築する。また、海洋と河川を統合した洪水シミュレーションモデルを開発する。加えて、社会的脆弱性の調査のため、住民に構造化インタビューを行い、その結果を統計的に処理し傾向の有意性を評価する。

4. 研究成果

平成26年度：メコンデルタ最大の都市カントー市において3度の現地調査を行った。目的は、高潮のメコンデルタへの遡上・伝播を解析的、数値的に検証する際に必要となるデータを取得すること、および現時点での都市部の洪水被害や住民の洪水に対する意識を把握することであった。主たる調査項目は、河川の水深、水位変動、また50世帯ほどを

対象に洪水に対する意識調査を行った。水位変動については、地元研究者の協力を得て、カントー市を通るハウ川の中州に水位計を設置した。また、都市部の標高をレーザー距離計を用いて詳細に計測した。河口部のディンアンとカントーの2地点で水位データを手に入れたため、この2地点の水位変動の振幅及び位相を分析し、2地点間の潮汐伝播や振幅減衰、位相速度を計算した。また、各点での水位をフーリエ解析により周波数分析を行い、併せて天文潮の動態にもとづく調和解析を行った。これらの検討により、水位変動に及ぼす主成分の分析を行い、都市部の洪水との関係を調べた。また、標高計測データを解析し、標高値を算出し、都市部の数値標高モデル(DEM)を作成した。この数値標高モデルを使用したカントー市の浸水解析を実施するため、ハウ川の広域モデルとカントー市周辺および都市部の詳細モデルの2種類の地形モデルの作成を開始した。また、メコンデルタの高潮研究に資する目的のため、平行して2013年11月にフィリピンを襲った台風ハイヤンによる高潮についての調査、研究を推進した。このため、フィリピン・レイテ島において2度の調査を実施した。また、台風ベストトラックデータを利用して、ベトナムに上陸した過去の台風の頻度や強さを検証した。

平成27年度：高潮解析における重要なパラメータの一つである最大風速半径について、詳細に検証を行った。北西太平洋を通過する台風については、これまで中心気圧をもとに推定する手法が使われてきたが、本研究では沖縄や鹿児島等の諸島の観測所データおよびベストトラックデータを分析することで、暴風域半径が最大風速半径の推定にさらに有効であることを示し、成果を国際ジャーナル(Nat. Hazards Earth Syst. Sci.)で発表した。この手法を用いることで、ベトナムを含む北西太平洋の高潮解析の予測精度を向上できる。また、メコンデルタ都市部の洪水の実態を明らかにするため雨季の時期に住民インタビューを実施するとともに、洪水氾濫を予測するための数値モデルを構築し、現地調査で得られた結果と比較することでモデルの精度検証を行った。同モデルを使用して洪水時の水位や流速について分析を行い、特徴を明らかにし、成果を国際ジャーナル(Hydrological Research Letters)で発表した。さらに、海面上昇と地盤沈下を考慮した複数の水位上昇シナリオを想定し、将来氾濫域がどのように変化するかを予測した。カントー市の道路総延長に対する氾濫の割合は、現在はまだ限られた範囲である。しかし、今後水位上昇(海面上昇+地盤沈下他)が進むと、40cmの水位上昇で、乾季では7.1%、雨季では81%の道路延長が浸水すると予測された。また、2013年フィリピンを襲った台風Haiyanの数値的検証を行い、市

街地を氾濫する高潮による洪水流について重要な知見を得ることができた。この内容についても、国際ジャーナル (Coastal Engineering) で発表することができた。

平成 28 年度: メコン・Hau 河の Dinh An, Can Tho, Chau Doc の 3 地点の水位観測データを入手し、このデータに基づき過去 20 年の水位変化を分析した。この結果、ベトナム・カントー市では年平均 22mm の水位上昇が検出された。この要因の一つは、温暖化に伴う海面上昇や海水準変動と考えられる。しかし、同時期のベトナム沖海面上昇量は年間 5mm 程度であり、17mm の差異を十分に説明できない。また、長期の潮位トレンドについても分析したが、顕著な上昇傾向は確認されなかった。今後検証をさらに進める必要があるが、地盤沈下がこの大きな要因であると考えている。このような分析ならびに本研究で開発してきたメコンデルタの潮汐解析モデルを活用し、カントー市の将来の浸水日数の増加を予測した。その結果、2009 年-2010 年時点では 72 日であった浸水日数が、2029 年-2030 年では 270 日、2049 年-2050 年では 312 日に急拡大していく可能性が示された。また現時点では浸水深は最大でも 20~30cm の場所が多いが、今世紀半ばには 1m を越えるような場所が増えてくるため、この地域の経済・社会に甚大なインパクトを及ぼすと考える。この成果を国際ジャーナル (Sustainability) で発表した。また今年度は、高潮が発生した際にどのような激しい流れが発生するかを検討するため、現地調査と数値解析により流況特性を検証した。この結果、支流で特に著しい流速が発生しうることを明らかにした。これは上流からの河川流と上げ潮時の潮汐流が合流し、支流に流れ込むためである。この急潮現象については国際ジャーナル (Int. J. of Safety and Security Eng.) で発表した。

平成 29 年度: 1997 年にメコンデルタに上陸し、ベトナムにおいて過去最悪の台風被害をもたらした台風 Linda についての調査と解析に力を入れて取り組んだ。途上国の人口が増加し、これまで手付かずの土地が開拓され次々に人口密度の高い集落へと生まれ変わっている。このような場所では災害の伝承や記録がなく、住民の災害経験や意識・知識も乏しいことが多く、ある確率で近年にない規模の災害が発生してしまうと激甚化する可能性が高い。この 1997 年台風 Linda はこのようなタイプの災害で、三千人以上の犠牲者にも関わらず、世界的な認知度が極めて低く、ベトナム国内においても科学的な調査記録がこれまでほとんどなかったことを明らかにした。本研究では、この台風の被害や高潮の状況を数多くの住民証言と数値解析に基づき再現するとともに、住民の災害意識や知識について調査した。また、この台風以降、メコンデルタでは大きな台風が発生してい

ないが、台風 Linda20 周年となる 2017 年に研究成果を学会誌やベトナムで開催されたワークショップで発表することができた。また昨年度に引き続き、潮汐や高潮などがメコン河を遡上する際に、河川の形状や上流からの河川流との相互作用により生じる増幅流の発生条件を数値解析で詳しく検証した。この成果を国際学会において発表した。さらに、2017 年 8 月にマカオ・香港が位置する珠江デルタに上陸して大きな高潮を引き起こし、甚大な経済被害をもたらした台風 Hato の緊急現地調査を実施した。その成果を国際誌 (Georisk) で発表し、地元メディアの取材を受けるなどの反響を得た。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

Takagi H., Xiong Y., Furukawa F. Track analysis and storm surge investigation of 2017 Typhoon Hato: were the warning signals issued in Macau and Hong Kong timed appropriately?, Georisk: Assessment and Management of Risk for Engineered Systems and Geohazards, 2018.

Takagi H., Esteban M., Shibayama T., Mikami T., Matsumaru R., Leon M. D., Thao N. D., Oyama T., Nakamura R. Track analysis, simulation, and field survey of the 2013 Typhoon Haiyan storm surge, J. Flood Risk Management, Vol.10(1), 42-52., 2017.

Anh L. T., Takagi H., Thao N. D., Esteban M. Investigation of Awareness of Typhoon and Storm Surge in the Mekong Delta – Recollection of 1997 Typhoon Linda, Journal of Japan Society of Civil Engineers, Ser. B3 (Ocean Engineering), Vol. 73 (2), 168-173, 2017.

Takagi H., Anh L. T., Thao N.D. 1997 Typhoon Linda Storm Surge and People's Awareness 20 Years Later: Uninvestigated Worst Storm Event in the Mekong Delta, DOI: 10.5194/nhess-2017-365

Takagi H., Thao N. D., Anh L. T. Sea-Level Rise and Land Subsidence: Impacts on Flood Projections for the Mekong Delta's Largest City, Sustainability, 8(9), 2016.

Takagi H., Tri V. P. D., Ty T. V., Thao N. D., Anh L. T., Vinh G. V. Flow Intensification Induced by Tidal Oscillations in Tributaries of The Mekong River, International Journal of Safety and Security Engineering, Vol. 6 (3), pp. 697-703, 2016.

Takagi H., Tsurudome C., Thao, N.D., Le T. A., Tran V. T., Van P. D. T. Ocean tidal modelling for urban flood risk assessment in the Mekong Delta, Hydrological Research Letters, Vol. 10, No. 1, pp. 21-26, 2016.

Takagi H., Li S., de Leon M., Esteban M., Mikami T., Matsumaru R., Shibayama T., Nakamura R. Storm surge and evacuation in urban areas during the peak of a storm, Coastal Engineering, Vol. 108, pp. 1-9, 2016.

Takagi H., Wu W. Maximum wind radius estimated by the 50 kt radius: improvement of storm surge forecasting over the western North Pacific, Nat. Hazards Earth Syst. Sci., Vol. 16, 705-717, 2016.

高木 泰士, 吳 文潔. 日本南方海域を通過する台風の最大風速半径の推定手法, 土木学会論文集 B3(海洋開発), 71(1), 1-6, 2015.

Takagi H., Tran T.V., Nguyen D.T., Esteban M. Ocean Tides and the Influence of Sea-Level Rise on Floods in Urban Areas of the Mekong Delta, Journal of Flood Risk Management, 8(4), 292-300., 2014.

〔学会発表〕(計3件)

Takagi H., Mechanisms of Rapid Flow caused by Tidal and Fluvial Flow Interaction in Inland Waterways of the Mekong Delta, The 8th Inter. Conf. on Environment Science and Engineering, 2018.

Anh L.T., Takagi H., Thao N.D. Storm Surge caused by 1997 Typhoon Linda and People's Awareness of Coastal Disasters in Mekong Delta and Con Dao Island, Vietnam-Japan Workshop on Estuaries, Coasts and Rivers 2017, 2017.

Takagi H., Floods in Mekong Delta Under Sea-Level Rise Projections By IPCC AR5, AGU Fall Meeting, 2014.

〔図書〕(計2件)

Esteban M., Takagi H., Shibayama T. Handbook of Coastal Disaster Mitigation for Engineers and Planners, Elsevier, 780 p., ISBN: 9780128010600, 2015.

Thao N. D., Takagi H., Esteban M. Coastal Disasters and Climate Change in Vietnam -Engineering and Planning Perspectives, Elsevier, 424 p, ISBN: 9780128000076, 2014.

〔産業財産権〕

出願状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

高木 泰士 (TAKAGI, Hiroshi)
東京工業大学・環境・社会理工学院・准教授
研究者番号：40619847

(2) 研究分担者

()

研究者番号：

(3) 連携研究者

()

研究者番号：

(4) 研究協力者

()