

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 26 日現在

機関番号：33934

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24360199

研究課題名(和文) 温暖化によって今世紀末までの我国三大湾に起こり得る最大級高潮と被害の予測

研究課題名(英文) Prediction of maximum possible storm surges and damages induced by global warming in Tokyo, Ise and Osaka bays of Japan

研究代表者

安田 孝志 (YASUDA, Takashi)

愛知工科大学・工学部・教授

研究者番号：10093329

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：伊勢湾台風を可能最大台風と仮定し、台風渦位ボーガスによって初期化する大気-海洋-波浪-陸面結合モデルの開発を行い、現在および温暖化時の気候の下の三大湾での可能最大高潮を明らかにした。ついで、暴浪を伴う可能最大高潮による氾濫解析を効率的に行う海域・氾濫域結合モデルを水理実験結果との比較に基づいて開発し、東京湾奥の江東デルタを中心に浸水の可能性を明らかにした。さらに、2011年津波による建物等の被災を街区スケールで捉えて5種類の形態に分け、氾濫外力との関係を実地データに基づいて定量化し、これと高潮氾濫外力を結び付けることによって、三大湾における最大級高潮による建物等の被害予測を可能にした。

研究成果の概要(英文)：A dynamic modeling system incorporating an atmosphere-ocean-wave-land coupled model and a typhoon potential bogus scheme have been developed to calculate potential maximum storm surges in three largest bays of Japan under the present and future climates. This system clarifies the potential maximum storm surge heights in these bays, as 3.3m in Tokyo bay under the present climate and 4.1m under the future climate. Further, a numerical simulation system for storm surge disasters has been developed by coupling storm surge currents in sea and flood currents on land, based on the hydraulic experiments. This system shows that flood damages are caused by potential maximum storm surges in the Koto delta located at interior of Tokyo bay. Damages of buildings caused by tsunami attacking Tohoku region in 2011 are found to be classified into 5 types of disaster. These study results suggest that the damages due to storm surge flood could be predicted.

研究分野：工学

キーワード：高潮災害 台風災害 地球温暖化 高潮氾濫 被災限界

1. 研究開始当初の背景

アメリカ史上最大の経済的被害を出した2005年のハリケーン・カトリーナによる高潮災害に続き、2008年にはミャンマーに14万人近い人的犠牲者を出したサイクロン・ナルギスによる高潮災害が発生し、高潮の発生によって台風災害が巨大化・激甚化することが生々しく報道され、高潮災害への社会的関心が大きく高まっていた。加えて、2007年に公表されたIPCC第4次報告において、温暖化によって台風(以降、ハリケーンやサイクロンを含めた総称として使用)の強度が増大する可能性が指摘され、温暖化が進んだ場合の東京湾、伊勢湾(三河湾を含む)および大阪湾の湾奥の低平地に広がっている我国3大都市圏における高潮災害の危険度について大きな関心が払われるようになった。

こうした中で2011年に東日本大震災が発生し、津波の破壊力の巨大さが強く印象付けられるとともに、地震や台風のエネルギーが海水のエネルギーに転化され、津波や高潮として海岸に襲撃する場合に災害が広い範囲で激甚化することが強く認識されるようになり、改めて津波・高潮災害対策の再検討が迫られるようになった。

2. 研究の目的

温暖化によって計画値を大きく上回る高潮が我国3大都市圏に襲撃すれば、人命は避難によって守れても物的被害とその影響は想像を超えるものになると懸念される。それゆえ、被害を許容限界以下に抑えるには、温暖化によって三大湾に起こり得る最大級高潮を予測し、その来襲によって不可避となる暴浪・暴風雨下の高潮氾濫とそれによる建物等の被害を明らかにした上で、被災限界や減災目標の定量的設定を行い、減災対策を具体性あるものに進化させることが求められる。

本研究は、このような観点から、温暖化によって今世紀末までの三大湾に起こり得る最大級高潮とその時の暴浪・暴風雨を科学的根拠に基づいて予測する手法を確立した上で、高潮・暴浪・暴風雨による建物等の被害を予測する手法を開発し、被害予測結果に基づいて被災を許容限界以下に留めるための減災対策の提示を目指したものである。

3. 研究の方法

今世紀末までの三大湾に起こり得る最大の高潮の発生原因となる台風環境場とその生成条件を温暖化シナリオの下で明らかにし、さらに基礎方程式の解として可能最大高潮の潮位とその発生条件、被害予測に必要な波高、風速・風向および降雨量も得る。そのため、伊勢湾台風を可能最大台風と仮定するとともに渦位の風速・気温等との可換性および重畳性に着目し、まず渦位空間上でこのような台風環境場を求める。それに温暖化の影響も加えて初期化し、結合モデルによる時間発展計算によって今世紀末までの三大湾で

の最大級高潮とそれに伴う暴風雨・暴浪を大気・海洋物理学的に明らかにする。

このような各湾の可能最大高潮は現在の計画潮位を大きく上回り、大災害を発生させると予想される。このため、高潮氾濫の建物等に対する破壊力を、物理的考察と氾濫計算結果に基づいて評価出来るようにする。これと建物等の被災事例データとの関係を基に、可能最大高潮による建物等の物的被害評価・予測手法を開発する。

4. 研究成果

(1)平成24年度成果

伊勢湾台風時の月平均大気・海洋場を「1959最強台風」の基本台風環境場とし、このときの台風が大阪湾および三河湾に最悪コースを通過して直撃させる渦位進路偏差場を台風0918号時の月平均場にゆらぎを加えて導出する手法を開発した。

の手法を用いて、台風が三河湾に最悪コースを通る渦位基本環境場を作り、三河湾の高潮計算を行い、最大潮位偏差が既往最大の2.6mだけでなく計画潮位偏差2.75mをも大きく上回る3.4mに達することを見出した。

三大湾に襲撃する台風の進路・強度に影響を与える黒潮の蛇行やその元になる海洋の二重旋回の不安定構造を解明した。

伊勢湾台風を最強台風と見なし、～で開発した「最強台風」の渦位環境場に加える熱力学的平衡台風の初期位置に変分を加えて高潮の最大潮位偏差の極大値を見出す渦位環境場の確定初期化法を開発した。

暴浪・暴風雨を伴う高潮氾濫による建物等の被害評価・予測のため、東京湾周辺を対象に高潮・高波氾濫解析のための地理情報データベースの構築とモデル開発を行うとともに、岩手県沿岸地域の街区スケールの建物被害調査と特性解析を行い、それを基に被災関数を導くためのMPS法による氾濫解析手法を開発した。

(2)平成25年度成果

大気・海洋・陸面の物理過程を厳密に取り扱った大気・海洋・波浪結合モデルに精度を向上させた台風渦位ボーガスを組み込み、現在から今世紀末までの三大湾の可能最大高潮と高波の科学的予測法を確立した。これによってこれまで危険度が低いと考えられていたコースであっても湾水振動を誘発させて計画潮位を上回る最大級の高潮が発生することを明らかにした。

伊勢湾台風級の台風が大阪湾に任意のコースで襲撃する台風環境場を作り出して、大阪湾での可能最大級高潮について検討を行い、室戸台風による3.1mを越える3.3mの高潮が発生することを示し、これが現在気候での大阪湾の可能最大級高潮となることを明らかにした。

氾濫域が広大となる高潮氾濫解析を効果的に行うための準3次元海域流動と平面2次

元氾濫流動の結合モデルを開発し、水理実験結果との比較によってその有用性を明らかにした。

東北地方太平洋沖地震津波による建物被災の状況把握分析を行い、街区スケールにおける建物被災分布型を5種類に分類した建物脆弱性の面的評価を試み、高潮氾濫による建物被害評価を行う上で必須となる氾濫流体力と街区スケール建物被害の関係を見出した。

(3)平成 26 年度成果

台風を熱機関として扱い、気温および海水温の影響を過去の台風データと併せて検討し、台風の熱効率の上限はエネルギー散逸のためにカルノー熱機関の60%程度となり、海面温度 SST が 300K (27℃), アスペクト比が 1 を越えると急激に効率が上昇し、台風が爆弾的に発達することを明らかにした。

台風に関連する爆弾低気圧や集中豪雨に及ぼす海水温の影響を数値実験や観測データに基づいて調べ、黒潮やそれに付随する高い水温によって低気圧が発達し、降水量も増加することを明らかにした。

以上の成果を取り入れて完成された改良台風渦位ボーガス組み込み型大気 - 海洋 - 波浪 - 陸面結合モデルによる温暖化実験を実施し、いずれの温暖化シナリオであっても台風強度が増大することを明らかにした。

これと氾濫流動結合モデルを組み合わせ、東京湾および伊勢湾での高潮等による氾濫・浸水計算手法を開発し、温暖化による台風強大化と海面上昇のために東京湾奥の江東デルタを中心に浸水被害が生じることを明らかにした。

以上の成果を氾濫・浸水による建物被害の予測につなげるため、氾濫流が構造物に衝撃的に作用する水理実験を行い、衝撃力を氾濫流の無次元入射水位の指数関数として評価できることを見出した。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 37 件)

H. Ozawa and S. Shimokawa, Thermodynamics of a tropical cyclone: generation and dissipation of mechanical energy in a self-driven convection system, *Tellus*, 査読有, A67, 1-14, 2015
DOI:10.3402/tellusa.v67.24216

Suzuki, K. and K. Kawasaki, Development of Q3D-H2D Coupled Model for Coastal Inundation Analysis with Efficiency, *Proc. 34th ICCE*, 1-10, 査読有, 2015

吉野純・荒川悟・豊田将也・小林智尚, 高解像度台風モデルによる台風強度に対する温暖化影響のシナリオ間相互比較, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 査読有, Vol.71, (受理), 2015.

豊田将也・吉野純・荒川悟・小林智尚, 高解像度台風 - 高潮結合モデルによる台風 1330 号とそれに伴う高潮の再現実験, *土木学会論文集 B2*, 査読有, Vol.71, (受理), 2014.

Oku, Y., J. Yoshino, T. Takemi, and H. Ishikawa, Assessment of heavy rainfall-induced disaster potential based on an ensemble simulation of Typhoon Talas (2011) with controlled track and intensity: *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 査読有, Vol.14, 2699-2709, 2014.

Shimokawa, S., T. Murakami, S. Iizuka, J. Yoshino, and T. Yasuda, A new typhoon bogusing scheme to obtain the possible maximum typhoon and its application for assessment of impacts of the possible maximum storm surges in Ise and Tokyo Bays in Japan, *Natural Hazards*, 査読有, Vol.74, 2037-2052, 2014.

吉野純・高島利紗・小林智尚, 気候変動を考慮した可能最大高潮の長期変動予測技術の開発, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 査読有, Vol.70, I_1251-I_1255, 2014.

Manda, A., H. Nakamura, N. Asano, S. Iizuka, T. Miyama, Q. Moteki, M. Yoshioka, K. Nishii, and T. Miyasaka, Impacts of a warming marginal sea on torrential rainfall organized under the Asian summer monsoon, *Scientific Reports*, 2014
DOI: 10.1038/srep05741.

Kunoki, S., A. Manda, Y.-M. Kodama, S. Iizuka, K. Sato, I. Fathrio, T. Mitsui, H. Seko, Q. Moteki, S. Minobe and Y. Tachibana, Oceanic influence on mesoscale structure of the Baiu rainband in the East China Sea, *Journal of Geophysical Research*, 査読有, 120, 449-463, 2014

鈴木一輝・川崎浩司・高杉有輝・村上智二・青木伸一, 台風 0918 号襲来時の伊勢湾海域における水塊構造の変動過程に関する数値的研究, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 査読有, Vol.70, I_1131-I_1135, 2014.

Hirano, K., Bunya S., Murakami, T., Iizuka, S., Nakatani, T., S. Shimokawa, and K. Kawasaki, Prediction of Typhoon Storm Surge Flood in Tokyo Bay Using Unstructured Model ADCIRC under Global Warming Scenario, *Proceedings of the 4th Joint US-European Fluids Engineering Summer Meeting*, ASME, FEDSM2014-21682, pp. V01DT28A008, 10p., 査読有, 2014

DOI:10.1115/FEDSM2014-21682

小笠原敏記, 岩間俊二, 堺茂樹, 岩手県普代村における太田名部漁港施設の津波減衰効果に関する数値解析, *土木学会論文集 B2 (海岸工学)*, 査読有, Vol.70,

- I_301-I_305, 2014 .
小笠原敏記, 三橋寛, 堺茂樹, 準定常流中における構造物周りの流体特性に関する水理実験, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol.70, I_316-I_320, 2014 .
村上智一, 古谷龍太郎, 小笠原敏記, 下川信也, CTD 観測データに基づく岩手県宮古湾の流動・塩分・水温構造の数値解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), 査読有, Vol.70, I_1126-I_1130, 2014 .
S. Shimokawa, T. Kayahara and H. Ozawa, Maximum potential intensity of typhoon as information for possible natural disaster, Asian J. Environ. Disas. Manag., 査読有, 6, 2014, 69-81
S. Shimokawa and T. Matsuura, Long-term variability and non-linear aspects of the oceanic double-gyre, Theoretical and Applied Mechanics Japan, 査読有, 61 巻, 2013, 23-30
S. Shimokawa and T. Kayahara, Difference among data of damage reports of typhoon disaster, J. Disaster Research, 査読有, 8 巻, 2013, 473-483
H. Ozawa and S. Shimokawa, The time evolution of entropy production in nonlinear dynamic systems, Beyond the Second Law: Entropy Production and Non-Equilibrium Systems (edited by R. C. Dewar, C. Lineweaver, R. K. Niven, K. Regenauer-Lieb, Springer, Berlin), 査読有, 2013, 113-128
村上智一, 吉野 純, 深尾宏矩, 安田孝志, 三河湾に発生する '想定外' 高潮とその発生機構, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_221-I_225
吉野 純, 村上智一, 深尾宏矩, 安田孝志, 台風渦位ポアガスの改良による大阪湾地域における可能最大高潮の力学的評価, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_241-I_245
21 村上智一, 川口知格, 小笠原敏記, 岩手県宮古湾における気象および津波地形変化に影響される流動・密度構造の数値解析, 土木学会論文集 B3, 査読有, 69 巻, 2013, I_718-I_723
22 吉野 純, 荒川 悟, 嶋田 進, 小林智尚, 軸対称 2 次元および領域 3 次元台風モデルによる 2004 年全台風の強度解析, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_1256-I_1260
23 田中智也, 吉野 純, 嶋田 進, 小林智尚, 台風進行速度が台風下の有義波・最大波に及ぼす影響, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_141-I_145
24 Ishikawa H., Y. Oku, S. Kim, T. Takemi, and J. Yoshino, Estimation of a possible maximum flood event in the Tone River basin, Japan caused by a tropical cyclone, Hydrological Processes, 査読有, Vol. 27, 2013, Issue 23, DOI: 10.1002/hyp.9830
25 S. Shimokawa and T. Kayahara, Difference among data of damage reports of typhoon disaster, J. Disaster Research, 査読有, 8, 2013, 473-483.
26 鈴木一輝, 川崎浩司, 効率的な高潮氾濫解析を目指した準 3 次元 - 平面 2 次元結合モデルの構築と精度検証, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_191-I_195
27 川崎浩司, 鈴木一輝, 静的・動的情報を駆使した沿岸災害リスク可視化技術システムの開発, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_1481-I_1485
28 小笠原敏記, 亀尾実愛, 佐々木智, 砂川透吾, ポリゴン型壁境界 MPS 法の特徴および防波堤越流津波への適用, 土木学会論文集 B2, 査読有, 69 巻, 2013, I_901-I_905
29 Iizuka, S., and T. Matsuura, Analysis of tropical cyclone activity in the southern hemisphere using observation and CGCM simulation, Cyclones: Formation, Triggers and Control, Nova Science Publisher Inc., 査読有, 2012, 37-60
30 Sasaki, W., S. Iizuka, and, K. Dairaku, Capability of regional climate models in simulating coastal winds and waves around Japan, Journal of Meteorological Society Japan, 査読有, 90-5 巻, 2012, 603-615
DOI : 10.2151/jmsj.2012-502
31 T. Murakami, J. Iida, J. Yoshino and T. Yasuda, Damage Simulation System for Coupled Hazards Caused by Maximum Possible Typhoons in Coastal Zones under a Future Climate, Proc. Conference on the ATC-SEI Advances in Hurricane Engineering, 査読有, 2012, 561-572
32 吉野 純, Jane Strachan, Pier Luigi Vidale, 猛烈な勢力の台風の全生涯に対する高解像度・高効率予測技術の開発, 土木学会論文集 B2, 査読有, 68-2 巻, 2012, I_1211-I_1215
33 村上智一, 飯田潤士, 深尾宏矩, 吉野 純, 安田孝志, 伊勢湾に襲撃する可能最大台風の複合外力による災害危険度評価, 土木学会論文集 B2, 査読有, 68-2 巻, 2012, I_1291-I_1295
34 村上智一, 深尾宏矩, 吉野 純, 安田孝志, 温暖化シナリオ A1B の下での最大級台風による三河湾の高潮とその特性解明, 土木学会論文集 B2, 査読有, 68-2 巻, 2012, I_286-I_290
35 村上智一, 深尾宏矩, 吉野 純, 安田孝志, 大気 - 海洋 - 波浪結合モデルに基づ

く現在気候下の最大級台風による三河湾での高潮と高波の解明,土木学会論文集 B3, 査読有, 68-4 巻, 2012, I_846-I_851

- 36 佐々木智, 小笠原敏記, MPS 法における Delaunay 三角形分割法によるポリゴン型境界モデルの開発,土木学会論文集 B2, 査読有, 68 巻, 2012, I_856-I_860
- 37 川崎浩司・大橋 峻・鈴木一輝・村上智二・下川信也・安田孝志, 地球温暖化に伴う最大級台風による東京湾周辺の高潮・高波氾濫解析,土木学会論文集 B3 (海洋開発), 査読有, 68 巻, 2012, I_852-I_857

〔その他〕(計 21 件)

平成 27 年 3 月 11 日,産経新聞,「国内最高の高潮発生」

平成 25 年 1 月 9 日,朝日新聞,「温暖化進み最大級の台風が来たらについて」

平成 25 年 1 月 6 日,東京新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 6 日,産経新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 6 日,福島民友,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 6 日,福島民報,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 6 日,岩手日報,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 5 日,日本経済新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 5 日,神戸新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 5 日,岐阜新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 25 年 1 月 5 日,北陸中日新聞,「伊勢湾台風級の台風が東京湾を襲った場合の浸水予測について」

平成 24 年 11 月 14 日,毎日新聞,「台風の複合外力による災害危険度評価」

平成 24 年 10 月 26 日,TBS(日本を襲う異常気象 もう常識は通じない! 都市災害から命を守る 10 の鉄則 SP),「東京にスーパー台風が直撃した場合の予測」

平成 24 年 8 月 27 日発刊,科学雑誌 someone vol.21 2012 秋号(p.6),「最強台風による高潮に備えよについて」

平成 24 年 6 月 27 日,朝日新聞,「伊勢湾台風級接近なら三河湾の高潮最大 3.95 メートル想定について」

平成 24 年 6 月 27 日,蒲郡新聞,「蒲郡

にも 4 メートル~4.7 メートルの高潮,三河湾に最大級台風について」

平成 24 年 6 月 27 日,毎日新聞,「三河湾 潮位最大 4 メートル」伊勢湾台風級襲来で従来予想上回るについて」

平成 24 年 6 月 26 日,中日新聞,「伊勢湾級台風上陸時 現状堤防超える恐れ」

平成 24 年 6 月 26 日,読売新聞,「三河湾高潮最悪 5 メートル,伊勢湾台風級,大潮満潮時について」

平成 24 年 6 月 26 日,東日新聞,「津波より高潮が怖い,三河湾の潮位研究を発表について」

- 21 平成 24 年 6 月 26 日,東愛知新聞,「豊橋前芝で高潮 3.7 メートル,伊勢湾台風級の発生想定 防波堤の高さ上回る危険」

6. 研究組織

(1) 研究代表者

安田 孝志 (YASUDA, Takashi)

愛知工科大学・工学部・教授

研究者番号: 1 0 0 9 3 3 2 9

(2) 研究分担者

吉野 純 (YOSHINO, Jun)

岐阜大学・工学研究科・准教授

研究者番号: 7 0 3 7 7 6 8 8

村上 智一 (MURAKAMI, Tomokazu)

独立行政法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究ユニット・主任研究員

研究者番号: 8 0 4 2 0 3 7 1

下川 信也 (SHIMOKAWA, Shinya)

独立行政法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究ユニット・主任研究員

研究者番号: 4 0 3 6 0 3 6 7

飯塚 聡 (IIZUKA, Satoshi)

独立行政法人防災科学技術研究所・水・土砂防災研究ユニット・主任研究員

研究者番号: 4 0 4 1 4 4 0 3

川崎 浩司 (KAWASAKI, Koji)

名城大学・自然災害リスク軽減研究センター・特任教授

研究者番号: 2 0 3 0 4 0 2 4

小笠原 敏記 (OGASAWARA, Toshinori)

岩手大学・工学部・准教授

研究者番号: 6 0 3 7 4 8 6 5