

機関番号：14301

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2008～2010

課題番号：20360220

研究課題名（和文） 地球温暖に伴う極端化気象による高波・高潮災害予測と工学的評価

研究課題名（英文） Projection of ocean waves and storm surges due to global warming influence and its application to engineering impact.

研究代表者

間瀬 肇 (MASE HAJIME)

京都大学・防災研究所・教授

研究者番号：30127138

研究成果の概要（和文）：

本研究では、温暖化シナリオにもとづく気候変動予測結果をもとに、将来の台風災害、高波の予測災害、高潮災害について定量的な予測方法を確立することを試みた。日本周辺の高波・高潮予測に際しては、適切な台風イベントの抽出とその評価、そして高波・高潮の数値予測が重要となる。このため、地球温暖化予測結果の下、将来の台風の予測を行った。ついで力学的・統計手法に基づく高波・高潮数値予測モデルを用い、温暖化に伴う高波・高潮災害の予測と評価を行い、将来気候における日本周辺の高波・高潮の顕著な増加を明らかにした。

研究成果の概要（英文）：

This project examined future changes of typhoon, extreme ocean waves, storm surges based on global climate projections under the global warming scenario. The projections of extreme waves and storm surges around Japan require appropriate future scenario of typhoon and numerical modeling of waves and storm surges. The future change of typhoon, extreme waves and storm surges were conducted. The significant increases of extreme waves and storm surges in the future climate were investigated by dynamic and statistical models.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	4,400,000	1,320,000	5,720,000
2009年度	6,600,000	1,980,000	8,580,000
2010年度	2,900,000	870,000	3,770,000
年度			
年度			
総計	13,900,000	4,170,000	18,070,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・水工学

キーワード：海岸工学, 沿岸災害

1. 研究開始当初の背景

2005年にメキシコ湾岸を襲った超大型ハリケーン『カトリーナ』による高潮がニューオリンズの街を水没させたのは記憶に新しい。カトリーナは中心気圧・最大風速で伊勢湾台風を上回り、被害額の規模は9.11テロの2倍以上と甚大であった。メキシコ湾ではカ

トリーナ以外にも巨大なハリケーンが頻繁に発生し、これらは地球温暖化の影響と目されている。一方、近年日本に襲来する台風も、2006年の台風13号を始め、発生数は変わらないものの大型化する傾向が見られ、各地で大規模な風水災害を引き起こしている。今後予想される地球温暖化のシナリオの下では、

地球規模の気候の変化や大気および海面の温度分布の大規模な変動が予想され、台風・熱帯低気圧等の巨大化など気象の極端化が予測されている(例えば Emanuel, 2005)。

地球温暖化に伴う台風の巨大化については、短期間かつ限定された地域へ与える影響が大きいことが想像できる。巨大化した台風は、これまで想定されたよりも大きな勢力範囲と風速を保ち、かつ北上する範囲も広がることが予想されている(Webster, 2005)。このような場合、沿岸部において従来の設計条件を超える高波や高潮を引き起こす可能性は高い。さらに、地球温暖化に伴う海面上昇が現実的である場合、将来的な海面平均水位の変化により高波・高潮災害が更に増大することが容易に予想される。

2. 研究の目的

本研究では、地球温暖化予測結果の下、高波・高潮数値予測モデルを用いて、温暖化に伴う高波・高潮災害の予測と評価を行い、日本周辺における来るべき将来の沿岸防災に役立てることを目標とする。

温暖化シナリオに基づく高波・高潮予測に際しては、適切な台風イベントの抽出とその評価、高波・高潮の数値予測が重要となる。このため、台風、高波災害の予測、高潮災害について定量的な予測方法を確立する。

3. 研究の方法

温暖化シナリオ下における高波・高潮予測に関する研究は、以下のサブテーマで構成される。

- 1) 地球温暖化シミュレーション結果の台風に着目した分析と主イベントの抽出
- 2) 高波・高潮結合数値予測モデルの開発
- 3) 地球温暖化下における高波・高潮災害予測シミュレーション
- 4) 地球温暖化下における高波・高潮災害影響評価

検討項目1では外力である地上10m高度風の変化に着目し、風況の長期変動についてデータ解析を実施し、日本周辺における風況変化について明らかにする。項目2でこれまで用いられてきた高潮モデルの改良と長期間に渡る数値予測を可能とするための簡易型高波・高潮結合モデルの開発を行う。項目3では、気象研究所実施の地球温暖化シミュレーションの海上風データを外力として項目2で開発された数値モデルを用いて今後100年間に渡る高波・高潮の予測を行う。最後に、項目4で計算結果をデータベース化し、風速、波高、潮位についての極値統計解析を実施し、温暖化のシナリオ下で時間的に遷移する沿岸災害について定量的評価を行う。

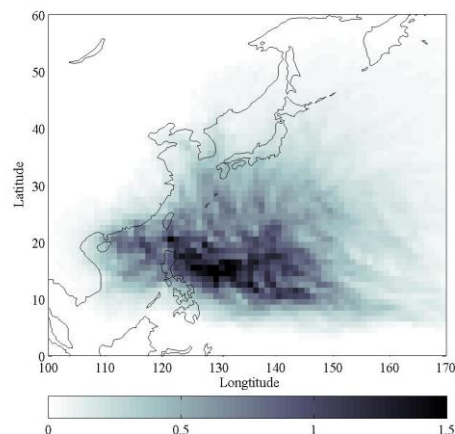


図1：確率台風モデルによる北西太平洋域における台風再現計算（年平均通過個数）

4. 研究成果

(1) 台風特性の将来変化予測

気象モデルによる強い台風の再現性を検討するために、二種類の領域気象モデルを用いて2004年台風18号を対象とした数値シミュレーションを行った。九州地方・中国地方での台風通過に伴う強風・強雨が異なる二つのモデルでどのように表現されるかについて調べた。中心気圧や経路が両モデルでほぼ同じように再現されていたものの極値の大きさはモデル間で違いが現れ、この理由はモデル間の地形表現の違いによるものであることが分かった。

2004年台風18号を再現した領域気象モデルの設定に基づき、渦位逆変換法による台風ボース法を用いて物理的な整合性を保持して台風経路の操作をできる台風の数値シミュレーション手法を考案した。台風中心が日本のはるか南海上にある時点を初期時刻として、台風中心を少しずつずらした多数の仮想経路の台風の数値シミュレーションを多数実施し、経路の違いによる沿岸域での強風・強雨の出現特性を調べ、可能最大風速・降水の経路依存性を示した。温暖化時の将来気候の数値実験データを用いて、21世紀末気候条件で最大被害をもたらす台風事例について渦位逆変換法による仮想経路の台風シミュレーションを行い、温暖化による強風・強雨の出現特性の変遷を調べた。

ついで、現在気候における北西太平洋全域での平均台風中心気圧分布や個数分布の再現に関して、推定精度の高い確率台風モデルを構築した(図1)。これをもとに、台風特性の将来変化を予測するため、2つの異なる台風経路データを用いて計算した。その結果、GCMの出力を直接用いると現在気候の再現性の誤差が大きく、問題があり、GCMから台風特性を抽出して、これを反映させた台風経路データを用いる必要があることがわかった。

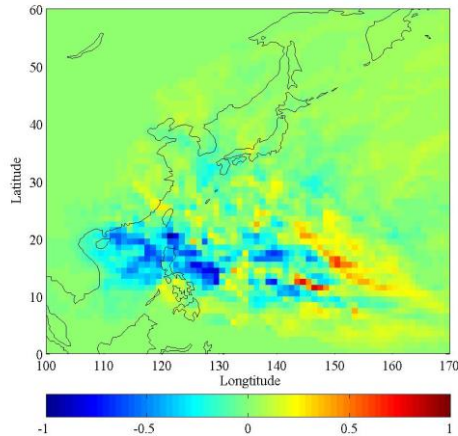


図 2: 確率台風モデルによる現在と将来気候の年平均通過個数の差

図 2 は、GCM から台風特性を抽出して、これを反映させた台風経路を用いて年平均通過個数の将来変化を示したものである。将来台風の平均通過個数は、フィリピンの東側から台湾の南部にかけて減少し、九州西方で少し減少する。また、台風の通過個数が増減する領域が顕著に現れている。

(2) 高潮の将来変化予測

確率台風シミュレーションによって現在・将来気候下の高潮の極値分布を推定する基本的な技術は既にできているが、その推定の過程には様々な不確定性がある。そこで経験的台風モデルによる風場の推定、高風速下の海面抵抗係数の与え方、将来の台風出現特性の仮定、の 3 つをとりあげ、これらが高潮の極値の推定値に及ぼす影響を感度分析した。その結果、経験的台風モデルの種類によって高潮の極値が増加する海域と減少する海域とがあること、高風速下の海面抵抗係数が伊勢湾台風級を超える高潮の極値に対して大きな影響を及ぼすことを明らかにした。

(3) 高波の将来変化予測

超高解像度全球気候モデルを用いた温暖化予測実験結果をもとに、現在から今世紀末の全球における風速場および波浪場の将来変化予測を行った。特に、現在、近未来、将来気候における海上風速と有義波高の予測結果を比較し、風速と波高の平均場の変化およびその極端化についての評価を実施した。

気象研・気象庁超高解像度全球気候モデルを用いた温暖化予測実験結果をもとに、A1B シナリオ下における今世紀末の有義波高の全球における変化の予測を行った。これらの結果、温暖化シナリオ下における将来の波浪変化は、地域影響が大きく、平均値は極地で増加、赤道近辺および中緯度域では減少する。

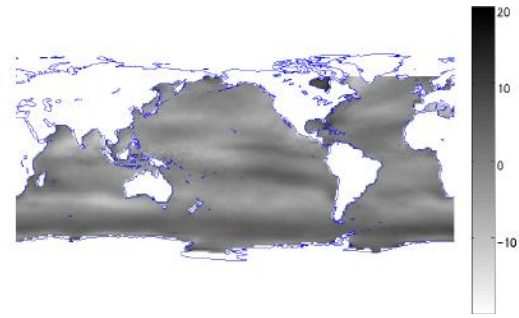


図 3: 現在から将来気候における有義波高の変化率 (%)

一方、極大値はこれと逆の傾向があり、特に熱帯低気圧発生地域で高波高域が拡大することがわかった。特に日本周辺は両者の影響を受け、平均値の減少と最大値の増加傾向が見られ、その結果気候極端化が顕著となることを明らかにした。

(4) 将来の海浜変形

将来地球温暖化に伴う異常波浪による地形変化予測が必要不可欠である。異常気象による高潮や風に伴い発生する強い流れなどを考慮できる、波と流れの相互干渉を考慮した 3 次元海浜変形モデルを構築した。波浪場の計算には、間瀬ら (2004) の流れとの相互干渉を考慮した波作用量平衡式、流れ場は黒岩ら (2000) の準 3 次元海浜流モデルを適用した。まず、現地適用性を検討する必要があるため、本研究では、人工リーフが設置されている鳥取県浦富海岸に適用した。同海岸では、開口部に離岸流が発生し、それに伴う地形変化が発生している。本モデルを用いて再現計算を行った結果、リーフ開口部において離岸流とそれ伴う波高の増大が再現された。また、その離岸流に伴う地形変化が概ね再現され、モデルの妥当性が確認された。

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 25 件) すべて査読有

1. Kawai, H., Hashimoto, N., Yamashiro, M. and Yasuda, T.: Uncertainty of extreme storm surge estimation by high wind sea surface drag coefficient and future typhoon change, Proceeding of 32nd International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 2010.
2. Mori, N., T. Yasuda, H. Mase, T. Tom and Y. Oku: Projection of extreme wave climate change under the global warming, Hydrological Research Letters, Vol. 4, pp. 15-19, 2010.

3. Oku, Y., T. Takemi, H. Ishikawa, S. Kanada, and M. Nakano, 2010: Representation of extreme weather during a typhoon landfall in regional meteorological simulations: a model intercomparison study for Typhoon Songda: Hydrologic Research Letters, Vol. 4, pp. 1-5, doi:10.3178/hr.4.1, 2004.
4. Yasuda, T. and H. Mase and N. Mori: Projection of future typhoons landing on Japan based on a stochastic typhoon model utilizing AGCM projections, Hydrological Research Letters, Vol. 4, pp. 65-69, 2010.
5. Yasuda, T., H. Mase, S. Kunitomi, N. Mori and Y. Hayashi: Stochastic typhoon model and its application to future typhoon projection, Proceedings of the 32nd International Conference on Coastal Engineering, ASCE, 2010.
6. 森 信人・志村智也・安田誠宏・間瀬 肇: 地球温暖化による極大波高の変化予測, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, pp. 1231-1235, 2010.
7. 安田誠宏・林 祐太・森 信人・間瀬 肇: 地球温暖化による高潮・高波推算に対応可能な確率台風モデル, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, pp. 1241-1245, 2010.
8. Kim, S. Y., Yasuda, T., Mase, H. and Matsumi, Y.: Storm surge hindcast in Tosa Bay of Japan using a coupled model of surge, wave and tide, Coastal Dynamics 2009, Paper No. 21, 2009.
9. Mase, H., Yasuda, T., and Mori, N.: Modeling of long-term time series of wave and wind - Case study at Joetsu coast -, Coastal Dynamics 2009, Paper No. 31, 2009.
10. Mori, N., Iwashima, R., Yasuda, T., Mase, H., Tom, T. H. and Oku, Y.: Impact of global climate change on wave climate, Coastal Dynamics 2009, Paper No. 135, 2009.
11. Mori, N., Takada, R. Yasuda, T., Mase, H., and Kim, S. Y.: Effects of wave radiation stress and vertical mixing on storm surge, Coastal Dynamics 2009, No. 22, 2009.
12. Mori, N., Yasuda, T., Mase, H., Iwashima, R., Tom, T. H. and Oku, Y.: Prediction of Global Sea Surface Wind and Wave Climate Change based on MRI/JMA GCM, Proc. of 33rd IAHR Congress, pp. 1672-1679, 2009.
13. Tom, T.H., Mase, H. and Yasuda, T.: Real-time wave prediction using hourly analyzed atmospheric GPV, Coastal Dynamics 2009, Paper No. 1, 2009.
14. Yasuda, T., Mase, H., Takada, R., Kim, S. Y., Mori, N. and Oku, Y.: Evaluation of Typhoons due to Global Warming and Storm Surge Simulations by Using the General Circulation Model Outputs, Proc. of 33rd IAHR Congress, pp. 387-392, 2009.
15. 間瀬 肇・Tracey H. Tom・安田誠宏・森 信人: 2008年ハリケーン・アイクによる高波の追算, 海洋開発論文集, Vol. 25, pp. 897-902, 2009.
16. 森 信人, 高田理絵, 安田誠宏, 間瀬 肇, 金 洙列: 強風時の表層鉛直混合が高潮および物理環境へ及ぼす影響, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 241-245, 2009.
17. 安田誠宏, 山口達也, 金 洙列, 森 信人, 間瀬 肇: 気象モデルにおける 4 次元データ同化およびネスティングが高潮推算精度に及ぼす影響に関する研究, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 381-385, 2009.
18. 間瀬 肇, 田中 遼, 森 信人, 安田誠宏: 日本海沿岸における波浪の経年変化特性に関する研究, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 1251-1255, 2009.
19. 河合弘泰, 橋本典明, 山城 賢, 安田誠宏: 確率台風シミュレーションの風場モデルと将来の台風出現特性による確率高潮偏差の変化, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 1256-1260, 2009.
20. 森 信人, 岩嶋亮太, 安田誠宏, 間瀬 肇, Tracey H. Tom: 地球温暖化予測に基づく全球波浪解析, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 1271-1275, 2009.
21. 安田誠宏, 安藤 圭, 森 信人, 間瀬 肇: 地球温暖化予測に基づく将来台風変化予測とその確率モデリング, 海岸工学論文集, 第 56 卷, pp. 1281-1285, 2009.
22. 河合弘泰: 高潮対策施設のアセットマネジメントのための海象外力に関する考察, 海洋開発論文集, Vol. 25, pp. 163-168, 2009.
23. 河合弘泰・橋本典明・山城 賢・安田誠宏: 確率台風シミュレーションの風場モデルと将来の台風出現特性による確率高潮偏差の変化, 海岸工学論文集, 第 57 卷, pp. 1256-1260, 2009.
24. 安田誠宏・山口達也・金 洙列・島田広昭・石垣泰輔・間瀬 肇: 潮汐・高潮・波浪結合モデルとメソ気象モデル WRF を用いた瀬戸内海における高潮再現計算に関する研究, 海岸工学論文集, 第 55

- 卷, pp.331-335, 2008.
25. 安田誠宏・高田理絵・金 洙列・間瀬 肇: 地球温暖化予測データに基づく台風極端化特性の評価と高潮シミュレーション, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp.1331-1335, 2008.

[学会発表] (計 8 件)

1. Takemi, T.: Environmental stability control of convective precipitation: Implications for convection under global warming. International Conference on MCSs and High-Impact Weather in East Asia (ICMCS-VIII), Nagoya University, Nagoya, Japan, 7-9 March 2011, pp. 212-215.
2. 奥勇一郎, 吉野純, 石川裕彦, 竹見哲也, 中北英一: 既往台風による可能最大風速・降水量の推定とその妥当性の検証. 日本気象学会 2010 年度秋季大会, 京都市南区京都テルサ, 2010 年 10 月 28 日, C212, 2010.
3. Yasuda, T., S. Nakajo, Y. Hayashi, N. Mori and H. Mase: Statistical Modeling of Future Typhoons under a Climate Change Scenario, WRCP/UNESCO Workshop on metrics and methodologies of estimation of extreme climate events (Paris) Sept. 27-29, 2010.
4. Mori, N., T. Shimura, T. Yasuda, S. Nakajo and H. Mase: Projection of extreme wave climate change, WRCP/UNESCO Workshop on metrics and methodologies of estimation of extreme climate events (Paris) Sept. 27-29, 2010.
5. Takemi, T., 2010: Representation of extreme weather events in convection-resolving simulations at 100-m resolution. The Third International Workshop on Prevention and Mitigation of Meteorological Disasters in Southeast Asia, Beppu, Japan, 1-4 March 2010, pp. 38-40.
6. 奥勇一郎, 吉野純, 石川裕彦, 竹見哲也, 中北英一: 可能最大被害予測を目的とした渦位逆変換法による台風ボーガシング. 日本気象学会 2009 年度秋季大会, 福岡県福岡市, 2009 年 11 月 25 日, P169, 2009.
7. Yasuda, T., Mase, H., Takada, R., Kim, S. Y., Mori, N. and Oku, Y.: Evaluation of Typhoons due to Global Warming and Storm Surge Simulations by Using the General Circulation Model Outputs, Proc. of 33rd IAHR Congress, Vancouver pp. 387-392, 2009/8/10-14.

8. Mori, N., Yasuda, T., Mase, H., Iwashima, R., Tom, T. H. and Oku, Y.: Prediction of Global Sea Surface Wind and Wave Climate Change based on MRI/JMA GCM, Proc. of 33rd IAHR Congress, Vancouver, pp.1672-1679, 2009/8/10-14.

[図書] (計 1 件)

1. 森 信人・木原直人: 地球環境における大気・海洋相互作用 (グローバル・ミクロな視点から), 大気・海洋境界過程のミクロ・マクロ構造, 混相流学会誌, 22 巻, 1 号, pp.42-49, 2008.

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

[その他]

特に無し

6. 研究組織

(1) 研究代表者

間瀬 肇 (MASE HAJIME)
京都大学・防災研究所・教授
研究者番号: 30127138

(2) 研究分担者

森 信人 (MORI NOBIHITO)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 90371476
竹見 哲也 (TAKEMI TETSUYA)
京都大学・防災研究所・准教授
研究者番号: 10314361
安田誠宏 (YASUDA TOMOHIRO)
京都大学・防災研究所・助教
研究者番号: 60378916
河合 弘泰 (KAWAI HIROYASU)
(独) 港湾空港技術研究所・海洋情報研究
領域・上席研究官
研究者番号: 40371752
黒岩正光 (KUROIWA MASAMITSU)
鳥取大学・工学部・土木工学科・准教授
研究者番号: 10225279

(3) 連携研究者

無し