

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 5 月 30 日現在

機関番号：15101

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23760464

研究課題名(和文) 山陰沿岸域における温暖化に伴う気象変動場と異常高潮推算に関する予測モデルの構築

研究課題名(英文) Development of storm surge prediction model along the Sanin coasts using the projection data of present and future climates

研究代表者

金 洙列 (KIM, Soo Youl)

鳥取大学・工学(系)研究科(研究院)・助教

研究者番号：60508696

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円、(間接経費) 1,020,000円

研究成果の概要(和文)：海面と底面に発生する波と風および波と流れの相互作用を考慮した高潮・波浪結合モデルを用いて、山陰沿岸における台風通過後15時間後に発生する高潮のメカニズムを解明すると共に、地域防災対策の基礎となる高潮予測システムを構築するために、過去の台風、温暖化シナリオに基づく過去と将来の推算値を用いて海象と高潮を再計算した。その結果を利用してニューラルネットワークによる高潮予測システムを開発した。

研究成果の概要(英文)：Mechanism of the after-runner storm surge along the Sanin coasts is diagnosed using a coupled model of tide, surge and waves. In addition, the surge prediction system is developed using an artificial neural network based on calculated data of historical typhoons and projected data of present and future climates.

研究分野：土木工学

科研費の分科・細目：水工学

キーワード：高潮 ニューラルネットワーク 予測システム

## 1. 研究開始当初の背景

一般的に太平洋の沿岸での高潮は台風中心の上陸と共に最大高潮が発生する現象が現れ、これまで多くの研究が行われている。しかし、日本海の山陰沿岸における高潮は太平洋の沿岸のものとは異なる以下の特性を持っている。

- (1) 台風中心が山陰沿岸に沿って日本海を北上し東北、北海道沖の深海に位置する時、つまり約 10~15 時間後に最大高潮偏差が発生する。
- (2) 太平洋沿岸に上陸する台風の場合その強度が typhoon という強い強度を持って上陸するが、日本海の山陰沿岸の場合は台風が対馬海峡より日本海に進入する際、強度は朝鮮半島や日本列島の地形の影響により強度が低下して Cyclone または tropical depression に変化する。

最近の温暖化に関する研究によると、台風発生頻度は減少するが強度は増加する傾向にあり、また台風の発生位置は日本と朝鮮半島に近づくと共に、その移動速度を増加しているとの報告が多くの研究者から提起された。特に東太平洋の水温低下のラニーニャにより台風発生地域は西方に移動する傾向が強くなり、今年現在 2 個の台風が韓国および日本周辺で発生し速い移動速で対馬海峡より日本海に進入し山陰沿岸に被害を与えた。

高潮推算には外力として海面上 10 m の風と海面気圧を用いる。この外力は以下のように二つの方法で気象場を再現することが可能である。

台風モデル：観測値を基礎データに開発されたもの。

気象モデル：予測方程式と呼ばれる 6 つの方程式と診断方程式、気体の状態方程式より構成されたもの。

太平洋沿岸を対象とした多くの研究では、気

象モデルの適用性の検討および台風モデルの修正と推算精度の向上化に関する研究が進んでいる。しかしながら、日本海沿岸における高潮推算のための気象モデルと台風モデルに関する研究はほとんどなかった。

そこで、申請者は以上に示したように、気象モデルと台風モデルを用いて日本海沿岸における遅れて発生する高潮推算を検討してきた。従来の台風モデルを用いて台風 0418 と 0314 号に対して風と気圧を再現し、日本周辺の 35 箇所での観測値と比較した結果、推算結果は非常に異なる風速や気圧低下を示した。さらに気象モデルによる気象場の検討からは観測値に近い風速、風向、気圧低下が見られたが台風経路に少し差が現れた。

この台風モデルと気象モデルにより推算された二つの気象場を用いて 15 時間後最大高潮偏差が発生する高潮の再現計算を行った結果、台風モデルを用いた場合は最大高潮偏差を再現できなかったが、気象モデルを用いた場合は再現できた。この理由として従来の台風モデルは上の 2) に示したように地域的な特性を考慮してないためと考えている。台風モデルはその長所により現業および学術的に良く使われていることから、日本海沿岸の高潮推算のために観測値に近い気象場を再現する新たな台風モデルの開発が必要だと思っている。

## 2. 研究の目的

本研究は、申請者によって開発してきた「海面と底面に発生する波と風および波と流れの相互作用を考慮した潮汐・高潮・波浪結合モデル (coupled-nest-parallelized SURge WAve Tide (SuWAT) model)」を用いて、日本海の山陰沿岸における台風最接近後約 15 時間後に発生する高潮のメカニズムを解明すると共に、高潮計算の外力となる気象場の推算精度の向上化を目指し日本海周辺を通す時に陸上部の影響による台風の強度の変化

を考慮する新たな台風モデルを開発する。次に、新たな台風モデルにより日本海の山陰沿岸における台風や高潮に及ぼす温暖化の影響を評価すると共に、高潮の潮位偏差と発生時間の予測を目的に次世代気象モデルと潮汐・高潮・波浪結合モデルを統合化して地域防災対策の基礎になる高潮予測システムの構築を行う。

### 3. 研究の方法

(1) メソ気象モデルである WRF と潮汐・高潮・波浪結合モデル (coupled-nest-parallelized SURge WAve Tide (SuWAT) model) を用いて山陰沿岸における高潮メカニズムを明らかにする。

(2) 地域防災対策の基礎になる高潮予測システムの構築するために、山陰沿岸に高潮を及ぼした WRF を利用して台風と低気圧を含む 61 年間の気象擾乱 74 個に対して再現計算を行い、風、気圧を推算する。

(3) WRF により算出された風速・風向・気圧のデータを外力条件として SuWAT により、高潮と波浪場を推定する。

(4) 気候変動下の海象擾乱データを作成するために、温暖化シナリオに基づく全球モデルによる過去 1979~2008 年と将来 2079~2099 年までの気象推算データから日本周辺の台風および低気圧に関するイベントを抜き出し、300 個以上の台風イベントに対して山陰沿岸における高潮推算実験を実施して将来の高潮変動性に関する評価を行う。

(5) WRF による過去の台風データ、気候変動による過去と将来推算データ、実測データを学習データとして用いてニューラルネットワークによる高潮予測システムの構築する。

### 4. 研究成果

(1) 山陰沿岸における台風時の気象場を

メソ気象モデル WRF により予測するために WRF における異なる惑星境界層スキーム、平面座標格子間隔、海洋混合層モデル、鉛直座標格子分布の構成、地形データについて感度分析を行ったものである。異なる惑星境界層が風速や風向に及ぼす影響は大きく、Mellor, Yamada and Janjic scheme や Asymmetric Convective Model の惑星境界層スキーム、細かい平面座標および非線形鉛直座標の格子分布を用いることで高精度の推算が可能であることが認められた。

(2) 中緯度に位置する日本海において異なる GPV データを用いて雲物理と惑星境界層スキームによる台風経路と強度、標高風速および海面気圧についてメソ気象モデル WRF のパフォーマンス評価を行った。1 度の格子間隔と 6 時間毎の NCEP FNL (ds083.2) データと 2.5 度と 6 時間毎の NCEP/NCAR Reanalysis (ds090.0) データを使用し、2 種類のスキームを変化させ行った実験結果から以下の結論を得た。

ds090.0 データを用いた場合、2 種類のスキームに関係なく平均 0.43 度の誤差を用いてベストトラックを再現できる。ds083.2 の場合、推算した台風経路は平均 1.2 度の誤差を示した。

中心気圧を比較すると ds090.0 データを用いた場合は中心気圧差の平均は 45 hPa を示した反面、ds083.2 データを使用した場合、その平均は 53 hPa であった。

NCEP/NCAR Reanalysis (ds090.0) データを使用し異なる 2 種類のスキームで行った実験結果は、以下のようであった。

惑星境界層スキームが風速に及ぼす影響は雲物理スキームより大きい。惑星境界層と雲物理スキームが海面気圧に及ぼす影響は同様であることが分かった。

(3) ニューラルネットワークを用いて山陰

沿岸の境港におけるリアルタイム高潮予測システムの開発とそれに伴う適用性について調べたものである。異なる台風特性を持つ気象・海象情報を単一および複数の学習データとして用いることで高潮予測が可能である事を分かった。特に、単一台風情報よりも複数の台風情報を用いることは予測精度が高く、1～2時間後の予測システムが高精度の予測値を得ることが分かった。

(4) 全球大気モデルによる気候変動予測実験データを対象に、北西太平洋域における台風特性について調べ、観測値に比べて現在気候の再現性が十分であることを示した。さらに、GCMデータを駆動力とし、日本沿岸を対象にした高潮計算を行い、極値統計解析によって高潮の再現確率値と将来変化を定量的に示した。将来気候における高潮偏差の増大特性には、エリア依存性があることを明らかにした。

(5) ニューラルネットワークを用いた山陰沿岸の境港における長期リアルタイム高潮予測システムの構築を目的に、観測データから構成される学習パラメータの最適な組合せを明らかにし、24時間先の長期リアルタイム予測を可能にしたモデルを開発した。種々の組合せた学習パラメータの感度分析について調べて以下の結論を得た。

学習データセットを構成する際に単一の台風より複数の台風データセットを用いたニューラルネットワークの精度が高い。

短期予測(1時間～5時間)では学習データセットの項目を増加するほど予測精度は減少した。

長期予測(12と24時間)では学習データセットの項目を増加すると予測精度が増加する。しかし、項目数が多すぎると予測精度が落ちる傾向を示した。

24時間の長期予測に当たっては高潮

偏差、海面気圧とその低下量、台風の位置を用いたニューラルネットワークが最適であることが分かった。

(6) 経験的台風モデルと高潮・波浪結合モデルを用いて、台風 Haiyan を対象に高潮と波浪推算を行った。台風経路を固定して、様々な台風半径と風速制限方法を用いて、Haiyan による高潮と波浪を定量的に評価した。痕跡高と比較した結果、Haiyan の台風半径は非常に小さく、30m/s の風速制限をすることが適切な高潮推算に有用であることを示した。波浪の radiation stress の影響は小さく、Leyte 湾内の主な高潮発生原因は風であることを明らかにした。

(7) 台風 Haiyan 対象に気象モデルおよび台風モデルを外力として、アンサンブル計算を実施し、気象場および高潮の予測・再解析を行った。再解析と予測精度の検証とその感度分析を実施し、Tacloban 付近の高潮の推定が様々な気象モデルの計算条件に対し、非常に鋭敏であることを明らかにした。計算された気象および最大潮位偏差の精度検証を行った結果、再解析では十分な再現精度が得られたが、予測を模擬した計算結果は、2m 以上の過小評価となった。さらに、Tacloban における潮位偏差の急激な増加には、太平洋からの水塊の入流よりも、Leyte 湾の固有振動が大きく寄与していることを明らかにした。

## 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)

本研究の成果は、以下の通り、雑誌論文 24 編、学会発表 14 編である。

[雑誌論文](計 24 件)

- (1) Tomohiro Yasuda, Sota Nakajo, SooYoul Kim, Hajime Mase, Nobuhito Mori and Kevin Horsburgh (2014) Evaluation of Future Storm Surge Risk in East Asia based on

- State-of-the-art Climate Change Projection, *Coastal Engineering*, Vol. 83, 65-71, 査読有
- (2) 金 洙列・森 信人・澁谷容子・安田誠宏・間瀬 肇 (2014) 高潮・波浪結合モデルを用いた2013年台風30号(Haiyan)の高潮・波浪推算, 土木学会論文集B2 (海岸工学), 印刷中, 査読有
- (3) 金 洙列・塩崎信一・松見吉晴・玉井和久・福岡宏人 (2013) ニューラルネットワークを用いたリアルタイム高潮予測における学習パラメータの感度分析に関する研究, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 69, I\_246-I\_250. , 査読有
- (4) 金 洙列・松浦智典・松見吉晴・玉井和久・安田誠宏・Tracey H. Tom・間瀬 肇 (2013) 中緯度の気象解析に対する WRF のパフォーマンス解析 — 惑星境界層スキームと雲物理モデルの影響 —, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 69, I\_516-I\_520, 査読有
- (5) 金 洙列・松浦智典・松見吉晴・Tracey H. Tom・安田誠宏・間瀬 肇・西野博史 (2012) 山陰沿岸気象予測へのメソ気象モデル WRF のパラメータ 感度分析に関する研究, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol. 68, pp.I\_1236- I\_1240, 査読有
- (6) 安田誠宏・中條壯大・金 洙列・森 信人・間瀬 肇・KevinHorsburgh (2011) 気候変動予測実験出力を直接用いた高潮リスクの評価, 土木学会論文集B2 (海岸工学), Vol.67, pp. I\_1171- I\_1175, 2011, 査読有
- (7) Kim, S.Y., Oh, J.H., Suh, K.D., Yasuda, T., and Mase, H. (2014) Evaluation of storm surges around Korean Peninsula in present and future climates, ICCE 2014, 印刷中, 査読有
- (8) Soo Youl Kim, Shinichi Shiozaki, Yoshiharu Matsumi, (2013) Sensitivity study of real time storm surge forecast system to meteorological and hydrodynamic fields along the Sanin Coast, Japan, *Proc. Of 7<sup>th</sup> Int. Conf. on Asian and Pacific Coasts*, 555-560, 査読有
- (9) Soo Youl Kim, Tomonori Matsuur and Yoshiharu Matsumi, Tracey H. A. Tom, Tomohiro YASUDA and Hajime Mase, (2013) Sensitivity Analysis of Typhoon-induced Meteorological Fields along the Sanin Coast of Japan by WRF Parameter Settings, *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf.*, Anchorage, Alaska, USA, pp.1027-1032, 査読有
- (10) Soo Youl Kim, Shinichi Shiozaki, Yoshiharu Matsumi, Takao Ota, (2012) A study of a real-time storm surge forecast system using a neural network at the Sanin Coast, Japan, *OCEANS'12 MTS/IEEE*, 978-1-4673-0831-1/12/\$31.00 ©2012 IEEE, 査読有
- (11) Soo Youl Kim, Yoshiharu Matsumi, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase, (2012) Consideration on Handling of Open Boundary Conditions in a Storm Surge Prediction Model, *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf.*, Rhodes, Greece, pp.1508-1514, 査読有
- (12) Soo Youl Kim, Yoshiharu Matsumi, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase, (2011) Optimum open boundary conditions for coupled numerical model of tide, surge and wave, *Proc. Of 6<sup>th</sup> Int. Conf. on Asian and Pacific Coasts*, pp.1303-1312, 査読有
- (13) Soo Youl Kim, Yoshiharu Matsumi, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase, (2011) Effects of Coriolis Force on Storm Surge along West Coast of Japan Sea, *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf.*, Hawaii, USA, pp.414-421, 査読有
- [学会発表](計14件)
- (1) Shibusatani, Y., S.Y., Kim, T., Yasuda, N., Mori and H., Mase (2014) Impact assessment of

storm surge and inundation with sensitivity of future tropical cyclone changes, The 11th Annual Meeting Asia Oceania Geosciences Society, Sapporo, 28 July~01 Aug.

- (2) 金 洙列・森 信人・澁谷容子・安田誠宏・間瀬 肇 (2014) 高潮・波浪結合モデルを用いた2013年台風30号(Haiyan)の高潮・波浪推算, 第60回海岸工学講演会, 名古屋市・ウインクあいち2014年11月12日(水) - 14日(金)
- (3) S. Y., Kim, Matsumi, Y., H., Mase, N. Mori, and Yasuda, T (2014) Development of real time storm surge forecasting using artificial neural network, The 11th International Conference on Hydroscience and Engineering, Hamburg, Germany, 28 September to 2 October 2014
- (4) Kim, S.Y., Oh, J.H., Suh, K.D., Yasuda, T., and Mase, H. (2014) Evaluation of storm surges around Korean Peninsula in present and future climates, ICCE 2014, Seoul, Korea, 15-20 June 2014.
- (5) Soo Youl Kim, Tomonori Matsuura and Yoshiharu Matsumi, Tracey H. A. Tom, Tomohiro YASUDA and Hajime Mase, (2013) Sensitivity Analysis of Typhoon-induced Meteorological Fields along the Sanin Coast of Japan by WRF Parameter Settings, *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf.*, Anchorage, Alaska, USA, June 30-July 5, 2013
- (6) 金 洙列・塩崎信一・松見吉晴・玉井和久・福岡宏人 (2013) ニューラルネットワークを用いたリアルタイム高潮予測における学習パラメータの感度分析に関する研究, 第60回海岸工学講演会, 福岡市・九州大学 2013年11月13日(水) - 15日(金)
- (7) 金 洙列・松浦智典・松見吉晴・Tracey H. Tom・安田誠宏・間瀬 肇・西野博史 (2012) 山陰沿岸気象予測へのメソ気象モデル

WRF のパラメータ 感度分析に関する研究, 第59回海岸工学講演会, 広島市・広島国際会議場, 2012年11月14日(水) - 16日(金)

- (8) Soo Youl Kim, Yoshiharu Matsumi, Tomohiro Yasuda, Hajime Mase, (2012) Consideration on Handling of Open Boundary Conditions in a Storm Surge Prediction Model, *Proc. Int. Offshore and Polar Eng. Conf.*, Rhodes, Greece, June 17-22, 2012.

## 6 . 研究組織

### (1)研究代表者

金 洙列 ( KIM, Soo Youl )  
鳥取大学・工学研究科・助教

研究者番号 : 60508696

### (2)研究分担者

なし

研究者番号 :

### (3)連携研究者