

機関番号：14301

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20710143

研究課題名 (和文) 気象データを用いた波浪・高潮推算とバーチャルブイによるリアルタイム予測情報の提供

研究課題名 (英文) Real-time prediction of waves and storm surges employing meteorological data and its provision by using virtual buoy system

研究代表者

安田 誠宏 (YASUDA TOMOHIRO)

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号：60378916

研究成果の概要 (和文)：海浜・海難事故，高潮・高波災害の防止および軽減にあたっては，精細な気象・海象情報を，必要に応じて得られることが重要である。本研究では，全球気象予報データをダウンロードし，メソ気象予報計算を行い，さらに波浪・高潮を算定する，という一連の作業を自動化できるシステムを構築した。狭領域の計算には，毎時大気解析 GPV データを用いた。バーチャルブイシステムを構築し，任意地点における風速，風向，波高，波向についての時系列グラフを表示できるようにした。

研究成果の概要 (英文)：Accurate real-time wave prediction is an invaluable resource for coastal disaster mitigation, especially when determining the activation of disaster evacuation plans and inundation countermeasures. This study developed the real-time wave and storm surge prediction system using the Global Forecast System data, mesoscale weather model WRF and wave-surge coupled model. HAGPV (Hourly Available Grid Point Value) atmospheric analysis data is also employed in the finer domain. The virtual buoy system is accomplished using the Google Maps API to visually show weather and wave prediction results.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009 年度	800,000	240,000	1,040,000
2010 年度	1,000,000	300,000	1,300,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

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：海岸防災，海上安全，波浪，高潮，リアルタイム予測

## 1. 研究開始当初の背景

海浜・海難事故は，海上保安庁や各種マリン団体による安全対策がなされているにもかかわらず毎年増加しており，海上保安白書によると，平成 11 年における海浜事故者数は 800 人，そのうち死亡者は 348 人，また平成 14 年における海難事故による死亡者数は，漁業中，プレジャーボート等を合わせると 213 人と報告されている。これらの原因の一

つに，精細な気象・海象情報を知らなかったことが挙げられる。もし，ニーズに応じた情報入手が容易に安価に得られていれば，未然に事故を防げたものが大半である。

また，これまでの高潮解析においては，中心気圧と台風半径を観測値から推定して円形の気圧場を仮定する台風モデルを用いることが一般的であった。しかしながら，この台風モデルは，その仮定において陸の地形の

影響を考慮しないため、実際は山地や山脈によって変化するはずの気圧と風の場の再現性が低くなり、高潮予測の精度が落ちるという問題があった。

## 2. 研究の目的

本研究は、誰でも、いつでも、どこでも、簡単に、なおかつ安く、早く、正確な気象・海象情報サービスを提供できるシステム、また、高潮・高波災害が生じた後の災害解析に利用できる「気象・波浪・高潮予測および追算システム」、さらにバーチャルブイシステムを用いた「リアルタイム波浪・高潮予測情報提供システム」の構築を行うものである。気象、波浪、高潮、IT等、個々の研究は非常に発展しているが、それらの成果をある目的のために使いこなす統合化はそれほど進展していない。「海の安全」および「設計波算定」をテーマに、マリンレジャー、マリン産業、高潮・高波災害解析に資することができるシステムを開発する。

## 3. 研究の方法

全球気象モデル GFS (Global Forecast System) の計算結果は、1日4回5日先までインターネット上にアップロードされる。そのデータを自動的にダウンロードし、メソスケール気象モデル WRF (Weather Research and Forecasting) により対象領域の気象予報計算を行う。その風域場の結果を用いて SWAN (Simulating WAVes Nearshore) によって波浪を算定する。この一連の作業を自動化できるスクリプトを作成する。予報データではなく、過去データを用いれば、気象・波浪追算システムができ、また高潮災害の解析に必要な風・気圧場の入力データを算定できる。潮汐・波浪・高潮結合モデル SuWAT (Surge-WAVE-Tide Coupled Model) を使い、GFSおよびWRFを援用した高潮解析を実施する。全球モデルの過去データを用いる一連の手順をシステム化し、近年多発している高潮・高波災害を対象に再現解析をし、システムの精度を検証する。

波浪予測および追算システムを作成するために必要なスクリプトを作成する。すなわち、ダウンロードしたGFSデータからSWAN入力用風データを作成する。これによって、日本近海の波浪予測計算が行える。あるいは、GFSから風と気圧を取り出すスクリプトを作成する。これにより、高波計算のみでなく、高潮計算で必要となる外力を与えることができる。また、GFSの風と気圧をグラフ化するスクリプトを作成し、与える外力の空間分布や時系列を容易にチェックできるようにする。スクリプトの作成やダウンロードしたGFSデータとWRFからSWAN入力用風データの作成をすれば、特定の狭領域に対する波浪予

測計算が行える。既に数地点を対象とした波浪予測計算結果と観測結果の比較を行ったが、より多くの地点および夏季・冬季における予測結果と観測結果の比較を行う。

台風モデルを用いる高潮計算モデルの改良を図る。従来の高潮計算モデルは、中心気圧および台風半径からモデル的な台風を設定し、その気圧分布、そこから求まる傾度風および台風の移動速度を用いて、高潮計算における起動外力を与える。高潮計算に用いる外力を与えるスクリプトの作成および高潮モデルのシステムへの統合を目指す。2004年の台風0416号、0418号来襲時の高松および広島においての高波・高潮シミュレーションを行う。

2005年7月より気象庁から提供されている毎時大気解析GPVデータ(Hourly Analysis GPV)を用いる。毎時の解析データを利用することで強風域や収束域の変化・移動を把握することができ、短時間での気象現象の急激な変化をほぼリアルタイムで予測することが可能になる。HAGPVデータを用いてリアルタイム波浪・高潮推算を以下のような手順で行う。まず、6時間毎に得られるGFSデータで外領域の波浪・高潮推算をし、領域ネ스팅したデータを対象地点周辺の狭領域計算の境界条件とする。狭領域の計算をする際の、気圧および風速場には1時間毎のHAGPVデータを用いる。さらに、計算結果をリアルタイムバーチャルブイ(RTVB)システムで表示する。バーチャルブイの考え方は、例えば、ある海域の地図があり、必要な地点の情報を知りたい場合に、そこには仮想のブイがあり、そのブイのデータを見るといったイメージの表示方法である。任意地点における、風速、風向、波高、波向き、潮位についての時系列グラフとともに、数値そのものを表形式で見られるようにすることを考えている。

## 4. 研究成果

並列計算が可能なLinux OS サーバーに、メソスケール気象モデルWRFと第3世代浅海波浪推算モデルSWANをセットアップし、連携計算ができるシステムを構築した。全球気象予報モデルGFSの計算結果データを自動的にダウンロードし、WRFにより対象領域の気象予報計算を行い、さらに、WRFによる風場の計算結果を用いてSWANによって波浪を算定する、という一連の作業を自動化できるシェルスクリプトを作成した。また、GFSから風速だけでなく気圧も取り出すシェルスクリプトを作成し、高波計算のみでなく、高潮計算で必要となる外力を気象データから与えることを可能にした。加えて、GFSやWRFの風と気圧をグラフ化するシェルスクリプトを作成し、与える外力の空間分布や時系列を容易にチェックできるようにした。

GFS の代わりに客観解析データ FNL (Final Analysis) を用いて、災害時の気象・波浪・高潮追算ができるようにもシステムを改良した。この波浪追算システムを用いて、2008年2月に北陸沿岸および富山湾で発生した寄り回り波による高波災害の推算を行い、災害時の波浪状況を精度よく再現するとともに、伏木富山港で発生した防波堤滑動被災について、被害が発生するのに相当する高波浪が発生していたという結果を得た。

また、高潮計算モデルの改良を図った。従来の高潮計算モデルは、中心気圧および台風半径からモデル的な台風を設定し、その気圧分布、そこから求まる傾度風および台風の移動速度を用いて、高潮計算における駆動力を与えていた。本課題では、気象場の解析データ GFS もしくは FNL とメソモデル WRF を援用しているため、気象予測モデルそのものから高潮計算に用いる外力を算定できる。高潮計算に用いる外力を与えるスクリプトを作成し、高潮モデルのシステムへの統合を試みた。

平成 16 年に大きな高潮被害をもたらした台風 0416 号と 0418 号を対象に、瀬戸内海における高潮推算を実施した。GFS および WRF を援用し、潮汐・波浪・高潮結合モデル SuWAT によって計算を行った。2 次元台風モデルよりも気象モデルを援用した方が、台風経路近傍に限らず広範囲の気象場をよく再現でき、高潮の再現精度も増すことがわかった。しかしながら、潮汐の再現性やメソ気象モデル WRF のセッティングなど、さらなる検討課題がみえた。

毎時大気解析 GPV データの利用をシステムに組み込んだ。HAGPV データを用いてリアルタイム波浪・高潮推算を以下のような手順で行った。まず、6 時間毎に得られる GFS データで外領域の波浪・高潮推算をし、領域ネスティングしたデータを対象地点周辺の狭領域計算の境界条件とした。狭領域の計算をする際の、気圧および風速場には 1 時間毎の HAGPV データを用いた。毎時の解析データを利用することで強風域や収束域の変化・移動を把握することができ、短時間での気象現象の急激な変化をほぼリアルタイムで予測することが可能になった。さらに、計算結果を RTVB システムで表示するようにした。任意地点における、風速、風向、波高、波向についての時系列グラフとともに、数値そのものを表形式で見られるようにした。

リアルタイムに GFS と GPV をダウンロードし、SWAN で日本域の波浪推算を行うシステムの稼動をオフラインで開始した。解析を継続していたことにより、船舶の海難事故が突発的に発生した際に、その海域における波浪解析値を即座に抽出し、気象海象状況がどうであったかを示すことができた。

リアルタイム波浪予測の精度に関しては、

これまでに冬季の予測値と観測値の比較を通して予測精度が良いことを確認したが、さらに、気象場の変化が激しい台風シーズンを対象として、リアルタイム波浪予測システムの精度検証を行った。また、リアルタイム予測システムにより推算されるデータをもとに、洋上ウィンドファーム候補サイトにおける風および波の推算を行い、年間の出現確率特性を調べた。年間および夏季、冬季における波高の超過確率を求め、設計風速および設計波の基礎資料を提供した。

## 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)

[雑誌論文] (計 8 件)

- ① Tracey H. Tom, 間瀬 肇, 安田誠宏, 森 信人: 台風シーズンにおけるリアルタイム波浪予測と精度検証, 土木学会論文集 B2 (海岸工学) Vol. 66, No. 1, pp. 161-165, 2010. 査読有
- ② 間瀬 肇, 紺野晶裕, 森 信人, 安田誠宏, Sheng Dong: 洋上ウィンドファームサイトにおける波浪と風の解析, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 66, No. 1, pp. 386-390, 2010. 査読有
- ③ 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, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 65, No. 1, pp. 381-385, 2009. 査読有
- ④ Tracey H. Tom, 間瀬 肇, 安田誠宏, 森 信人: リアルタイム波浪予測と仮想波高計による配信システムの開発, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol. 65, No. 1, pp. 1471-1475, 2009. 査読有
- ⑤ 辰己賢一, 安田誠宏, 森 信人, 間瀬 肇: リアルタイム気象・水象予測の Web 配信システムの開発, 海洋開発論文集, Vol. 25, pp. 891-896, 2009. 査読有
- ⑥ 間瀬 肇, 安田誠宏, Tracey H. Tom, 辻尾大樹: 富山湾沿岸に災害をもたらした 2008 年 2 月冬季風浪の予測と追算シミュレーション, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 156-160, 2008. 査読有
- ⑦ Tracey H. Tom, 間瀬 肇, 安田誠宏: 毎時大気解析 GPV を用いたリアルタイム波浪予測システムの開発とその検証, 海岸工学論文集, 第 55 巻, pp. 186-190, 2008. 査読有
- ⑧ 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 巻, pp. 331-335, 2008. 査読有

〔学会発表〕(計5件)

- ①Kim, S. Y., Matsumi, Y., Yasuda, T. and Mase, H.: Analysis of anomalous storm surge around west coast of the Sea of Japan, Storm Surges Congress, Hamburg, 2010/9/15.
- ②Yasuda, T., Yamaguchi, T., Kim, S. Y., Shimada, H., Ishigaki, T. and Mase, H.: Numerical Study of Storm Surges in the Seto Inland Sea by Multi Physics Model, The 5th International Conference on Asia and Pacific Coasts (APAC2009), Singapore, 2009/10/16.
- ③Tom, T. H., Mase, H. and Yasuda, T.: Real-time wave prediction using hourly analyzed atmospheric GPV, Coastal Dynamics 2009, Tokyo, 2009/9/7.
- ④Mase, H., Yasuda, T., Tom, T. H., Tsujio, D. and Mori, N.: Forecast and Hindcast of Waves Which Caused Coastal Disasters along Toyama Coasts on February 2008, 33rd IAHR Congress, Vancouver, 2009/8/11.
- ⑤山口達也・安田誠宏・金 洙列・間瀬 肇・島田広昭・石垣泰輔: 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, 土木学会年次学術講演会, 仙台, 2008年9月10日.

〔産業財産権〕

○出願状況(計1件)

①名称: 波浪予測システム

発明者: 間瀬肇, 安田誠宏, トムトレイシーヒロトアレナ

出願人: 国立大学法人京都大学, 株式会社サーフレジェンド

種類: 特許

番号: 特開 2010-054460

出願日: 2008年8月29日

公開日: 2010年3月11日

国内外の別: 国内

〔その他〕

ホームページ等

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

安田 誠宏 (YASUDA TOMOHIRO)

京都大学・防災研究所・助教

研究者番号: 60378916

### (2) 研究分担者

無し

### (3) 連携研究者

無し