

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 10 日現在

機関番号：17701

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360217

研究課題名(和文)九州西岸で発生する潮位副振動(あびき)の予知と防災対策手法の開発

研究課題名(英文)Forecasting of secondary tidal oscillation (Abiki) along the west coast of Kyushu and development of countermeasure of the disaster mitigation

研究代表者

浅野 敏之 (Asano, Toshiyuki)

鹿児島大学・理工学研究科・教授

研究者番号：40111918

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,800,000円、(間接経費) 4,440,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は、毎年春先に九州東シナ海沿岸で発生し、現地で「あびき」と呼ばれる副振動災害の発生機構を、現地観測と数値解析により解明したものである。現地観測では、鹿児島県上甕島の浦内湾を対象に、2次にわたり数ヶ月間の現地観測を実施した。一方、中国本土から東シナ海全域にわたるメソスケール大気場の3次元数値解析を行うとともに、気圧場の変動スケールと移動速度を系統的に変化させた時の海洋場の応答に関する数値解析を実施した。これらの結果を総合し、気圧擾乱の発生・発達から大気・海洋過程を通じての外洋の長周期波の発達、沿岸域に到達後の長周期波の湾地形との共振に至る、一連の増幅機構を説明することができた。

研究成果の概要(英文)：During early spring time, the west coast area of Kyushu has suffered from the seismic disasters locally called Abiki. This study investigates the mechanism of the meteorologically generated secondary oscillations by means of the field measurements and numerical analyses. Two series of seasonal field observations were conducted at Urauchi bay in Koshiki Is., Kagoshima Prefecture. Numerical analyses for the three dimensional atmospheric fields over the East China Sea were conducted using an advanced meso-scale model. The oceanic fields under the atmospheric disturbances were also analyzed to clarify the resonant mechanism in offshore as well as coastal areas. Close discussion correlating the findings of field measurements with those of the numerical analyses has revealed a series of the mechanism throughout generation, development and amplification under the air-sea and geometric resonance.

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：自然災害 自然現象観測・予測 数値シミュレーション 副振動 大気海洋過程 共鳴機構

1. 研究開始当初の背景

(1) 春先を中心に、東シナ海に面した九州西岸の細長い湾では周期数 10 分の顕著な海面振動が発生し、係留船舶の流失や荷役作業の障害、港湾・水産施設の損壊を引き起こしている。多くは穏やかな晴天時に、突然海面振動が起こり急潮で漁網が流されることから、古くから土地の漁師は“あびき（網引き）”と呼んで恐れてきた。わが国では 1979 年 3 月、長崎検潮所で全振幅 278cm の大きなあびきが観測され、これを契機に活発な研究が始まった。最近では、地中海や北海沿岸でもあびきに似た気象擾乱を起因とする副振動の発生が報告されている。

(2) 鹿児島県上甕島の浦内湾は、東シナ海に面する T 字型に入り組んだ細長い湾で、毎年のようにあびき被害を受けてきた。現地では 2009 年 2 月に最大全振幅 310cm のあびきが発生し、18 隻の漁船の転覆・沈没の被害が発生した。これは前述の長崎検潮所で観測されたあびき振幅を上回る過去最大級のものであり、本研究グループがこの課題の研究を開始した契機となった。しかしながら、本課題の本質的な解明には、気象起因による長周期波の発生について気象学と海洋学の知見を統合する必要があり、また、東シナ海全体の気象状況・海象状況を対象とする広範な現地観測が必要と考えた。そこで本科学研究費を申請し、2011～2013 年度の採択を得た。

2. 研究の目的

(1) 東シナ海全体に対する気象擾乱による大気運動場、それによって誘起される長周期波、沿岸部に長周期波が到達したときの湾水振動の特性について、広域の観測システムの構築と最新の数値シミュレーション技術で解明を行うことを目的とする。

(2) あびき発生を予知するために、九州沿岸と東シナ海洋上に水位計・気圧計からなる観測システムを構築するとともに、気圧の微変

動の発生と移動、それに伴う海洋長周期波の伝搬に関する数値予報モデルを開発する。

(3) 湾口に到達した長周期波による湾水振動の特性を、現地観測と数値解析により明らかにする。

(4) 防災対策として突堤などの構造物設置の効果を検討する。気象擾乱から湾内での増幅までの、一連のあびきの増幅過程を定量的に記述する数学モデルを確立し、あびき予測ならびに防災対策に資する成果を獲得する。

3. 研究の方法

(1) 甕島浦内湾において 2010 年と 2012 年にそれぞれ数ヶ月間にわたる長期現地観測を実施した。浦内湾内、湾口部、沿岸部、外洋部に約 10 台の水圧式波高計を設置し、また ADCP などの流速計、気圧計を配置して来襲する長周期波動の特性と湾内の増幅機構を現地観測によって解明した。

(2) 気圧微変動の外洋上の伝搬速度と海面長波の伝搬速度が一致するときの大気場から気象津波の発生発達機構を明らかにするため、メソスケールの大気現象を 3 次元で解析できる気象モデル WRF を用いた数値解析を行った。

(3) 気圧波が東シナ海上を伝搬するときに発生する海洋長周期波の応答特性と、最終的に上甕島浦内湾に到達したときの湾内増幅特性を数値解析により検討した。気圧波の空間スケールや伝搬速度などを系統的に変えた計算ケースを設定し、どのような状況が大気から海洋長周期波へ効率的にエネルギーが伝達されるかを検討した。

(4) 副振動防止対策として、湾内に防波堤を設置することで、振動モードを変化させたり、渦形成によるエネルギー減衰によって湾内の増幅を低減できないか、数値解析によって検討した。

4. 研究成果

(1) 甌島浦内湾で 150cm を超える気象津波のイベントは、合計 2 年間 133 日の観測期間中、13 回確認された。浸水被害は春先の大潮満潮期に副振動が重なった時に起こるため、気象津波の発生頻度は年 1 回程度と見なされてきたが、実際には高頻度で発生していることがわかった。

(2) T 字型をした特異な形状を持つ浦内湾の副振動の卓越モードは 3 つ存在することが明らかとなった。

(3) 気圧データの解析から、主要な気象津波イベントの発生時には、甌島の 140km 西方沖にある女島において 1~2hPa の気圧急変が生じていることがわかった。沖合から九州西岸までの気圧波の伝搬速度は、東シナ海当該海域の平均水深から計算される海洋長周期波の伝搬速度とほぼ一致し、気象津波の発生に気圧波と海洋波との共鳴機構 (Proudman 共鳴) が働いていることが明らかになった。

(4) 気象津波の増幅特性の定量的検討から、発生期の海水位に換算すると 1~2cm の気象擾乱が東シナ海上の伝搬過程で Proudman 共鳴により 10 倍程度に増幅する。この湾沖合の長周期波が湾奥部で地形効果によりさらに約 10 倍に増幅する結果が得られた。

(5) 気象津波が引き起こす湾内の流れは鉛直方向の一様性が高く、最大流速は湾奥部と T 字型分岐部で 60cm/s に達した。

(6) 亜熱帯ジェット気流直下の乾燥大気を伴う偏西風が、チベット高原と太平洋高気圧により中国大陸南岸部で北寄りに蛇行する。この時に下層の湿った空気が地形により強制的に持ち上がり、乾燥大気と接することで wave-CISK 機構が働き、対流の活性化と重力波の増幅が生じた。

(7) 水蒸気の凝結過程を考慮に入れたりチャードソン数を大気安定度の指標として東シナ海上の大気の構造を調べたところ、海面付近の下層大気は安定でその上に不安定層が存在し、さらに上層は安定となることがわ

かった。不安定層内で東西方向に交互に上昇流と下降流が発生する解析結果が得られた。この不安定層の上下を安定層で挟んだ構造は、大陸側で発生した重力波を九州西岸まで長距離伝搬させるために、海面気圧に作用し気象津波の増幅につながった。

(8) 風速場の解析結果を用いて、後方粒子追跡を行ったところ、その移動速度は対流圏中層の風速に支配され、発生源から九州沿岸までの到達時間は約 8~12 時間となった。この移動速度は、東シナ海上の海洋長波の位相速度と同程度となり、Proudman 共鳴条件を満たすことが確認された。

(9) 以上より中国大陸南岸域での偏西風蛇行から東シナ海上の気圧変動の伝搬、九州西岸域への到達までの多重規模の現象が一連の現象として説明でき、数時間規模の気象津波の予知の可能性を示す結果が得られた。

(10) 東シナ海上に模型気圧波形を進行させたときに誘起される海洋長周期波は、Proudman 共鳴条件に相当する伝搬速度 80~140km/h 付近で大きな水位変動となった。

(11) 気圧波の空間スケールが小さいほど大きな水位変動が得られ、発生波の周期は小さくなることがわかった。海水位換算で 1cm に相当する気圧変動により、海面振幅が最大で 30cm 程度励起されることがわかった。

(12) 浦内湾の増幅特性を調べた結果、第 1 モード (24.5min) に近い波が入射した場合に強い共振が生じるとともに、第 2、第 3 モード付近 (10~12min) の振動も現れることがわかった。

(13) 入射波の振幅を小刻みに変化させて浦内湾の湾奥部での増幅特性を調べた。入射波振幅が小さい条件で湾奥で 20 倍を超える増幅率が得られたが、入射波振幅が大きくなると、湾内での流体運動の増大に伴ってエネルギー逸散量が大きくなるため、4~8 倍程度増幅率に落ち着くことがわかった。

(14) 浦内湾内に防波堤を設置して副振動の

増幅を抑える対策を考察したところ、防波堤設置は振動モードを大きく変えることはできないこと、増幅率低下の効果も小さく湾内の地点によっては防波堤からの反射によって擾乱が逆に大きくなることがわかった。

(15) あびき災害の防災対策は、その伝搬速度から判断して東シナ海上の外洋地点で検知した程度では実用的に困難で、前述の中国大陸南岸域も含めた広域の気圧場の3次元解析から、あびきの発生しやすい大気場のパターンを数時間前に検知することにより実現の可能性があることが見いだされた。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計13件)

浅野敏之・山城徹・齋田倫範・田中健路 (2014):九州東シナ海沿岸で副振動災害を引き起こす気象津波の発生機構に関する研究、土木学会論文集 B2(海岸工学)、(印刷中)、査読有り。

浅野敏之・山城徹・山口大輝・小原陵 (2014): 枕崎沖の大陸棚地形に捕捉されて増幅する気象津波の現地観測、土木学会論文集 B2(海岸工学)、Vol.70, No.2(印刷中)、査読有り。

池田奈保子・新原亜希子・山城徹・浅野敏之・齋田倫範・城本一義・加古真一郎 (2014): 女島の水位データを用いた九州西岸域における副振動の発生予測に関する検討、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vol.70, No.2、CD-ROM、査読有り。

Tanaka, K., Gohara, S., Koga, T., Yamaguchi, R., Yamada, F. (2013) Abiki oscillations in Sakitsu Bay, west Kyushu, Japan, Natural Hazards, doi 10.1007/s11069-013-0959-5. (online first)、査読有り。

齋田倫範、浅野敏之、松竹渉、進藤祐介 (2013): 数値解析による上甕島浦内湾の副振動の特性、土木学会論文集 B2(海岸

工学)、Vol.69, No.2, pp.156-160, 査読有り。
池田奈保子・古木裕章・山城徹・浅野敏之・齋田倫範・城本一義 (2013): 2012年春先に上甕島浦内湾で発生した副振動の特性について、土木学会論文集 B3(海洋開発)、Vol.69, No.2、CD-ROM、査読有り。
Tanaka, K. (2012) On meteotsunamis around Tsushima Strait generated by the Baiu front, Natural Hazards, vol. 63, No. 2, pp.805-822, 査読有り。

Asano T., T. Yamashiro and N. Nishimura (2012): Observations of meteotsunami locally called “abiki” in Urauchi Bay, Kami-Koshiki Island, Japan, Natural Hazards: Volume 64, Issue 2, Page 1685-1706. 査読有り。

浅野敏之・島田知樹・山本竜太郎・片山裕之 (2011): 分岐した細長い湾における副振動対策としての防波堤設置の効果について、土木学会論文集 B3 (海洋開発)、Vol.67, No2, pp.886-891, 査読有り。

田中健路・浅野敏之 (2011): 冬季から春季にかけて東シナ海上を伝播する気象津波の発生源に関する解析、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.67, No2, pp.391-395, 査読有り。

片山裕之・加藤広之・丹治裕一・中山哲蔵・浅野敏之 (2011): 数値計算による鹿児島県上甕島小島漁港のあびき対策の検討、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.67, No2, pp.181-185, 査読有り。

浅野敏之・山城徹・竹下彰・坂本裕昭・西村規宏 (2011): 上甕島浦内湾における「あびき」の現地観測、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.67, No2, pp.176-180, 査読有り。

齋田倫範・浅野敏之 (2011): 東シナ海上の気象擾乱に起因する浦内湾における副振動の発生特性に関する数値解析、土木学会論文集 B2 (海岸工学)、Vol.67, No2、

pp.171-175, 査読有り.

[学会発表] (計 10 件)

Tanaka, K.(2014): Inter-ocean scale meteorological systems resulted in meteotsunami over the East China Sea., 2014 Ocean Science Meeting, American Geophysical Union, 23-28 February, 2014, Honolulu, USA. ID: 1314

Asano, T. (2013): Field observation of the generation of edge waves by moving pressure waves on a continental shelf off Makurazaki coast, Japan, Annual Meetings of the American Geophysical Union, 9 Dec. 2013, San-Francisco, USA.

田中健路 (2013) 冬季から春季にかけて東シナ海上で発生する気象津波に関する総観場, 日本気象学会 2013 年度秋季大会, P390, 2013 年 11 月 21 日, 仙台市.

田中健路(2012) :海面大気の微変動に伴う Proudman 共鳴効果に関する数値実験, 日本流体力学会年会, 2012 年 9 月 17 日、高知市.

田中健路(2012): 冬季から春季にかけて東シナ海で発生する気象津波, 日本気象学会 2012 年春季大会、2012 年 5 月 28 日、つくば市.

Tanaka, K. (2012) Meteorological Tsunamis: From the Climate System to the Flood Risk Informatics, BIT's 1st annual World Congress of Ocean, 20-22 Sep, 2012. Dalian, China.

Asano, T., T. Yamashiro and N. Nishimura (2012) : Field Observations of Meteotsunami in Kami-koshiki Island, Japan, Annual Meetings of the American Geophysical Union, 4 Dec. 2012, San-Francisco, USA.

Tanaka, K., Asano, T. (2012): Atmospheric source and prediction of meteotsunamis

(Abiki) in the west of Kyushu, Japan, Annual Meetings of the American Geophysical Union, 4 Dec. 2012, San-Francisco, USA.

Tanaka, K., Asano, T., Yamada, F. (2012) Toward the Prediction of Meteotsunamis Propagating over the East China Sea with Downscaling Approach, Proceeding of the Intl. Conf. on Disaster Management 2012, The 8th Annual Conf. of the Intl. Institute for Infrastructure, Renewal and Reconstruction (IIIRR), 24-26, Aug. 2012, Kumamoto, pp.205-214.

前田恭兵・浅野敏之(2012):東シナ海から九州西岸へ伝播する「あびき」と呼ばれる長周期波振動の解析、土木学会西部支部研究発表会、2012 年 3 月 3 日、鹿児島市 .

6 . 研究組織

(1)研究代表者

浅野 敏之 (ASANO Toshiyuki)
鹿児島大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 40111918

(2)研究分担者

山城 徹 (YAMASHIRO Toru)
鹿児島大学・理工学研究科・教授
研究者番号: 20158174

田中 健路 (TANAKA Kenji)
広島工業大学・環境学部・准教授
研究者番号 : 30315288

齋田 倫範 (SAITA Tomonori)
鹿児島大学・理工学研究科・准教授
研究者番号 : 80432863(平成 23-24 年度)

柿沼 太郎 (KAKINUMA Taro)
鹿児島大学・理工学研究科・准教授
研究者番号 : 70371755 (平成 23 年度)