

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 23 日現在

機関番号：82627

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2014～2015

課題番号：26750122

研究課題名(和文) AISデータを用いた津波の早期検知・通報システムの構築

研究課題名(英文) Research on construction of emergency report system with novel approach for tsunami detection by ship behavior analysis using AIS data

研究代表者

牧野 秀成 (Makino, Hidenari)

国立研究開発法人 海上技術安全研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：20533516

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：船舶の航行データであるAISデータを活用することで大津波来襲を早期に把握し、その情報を陸上に到達するシステムの構築に関する研究を行った。主な成果は、①：2011年3月11日の大津波時に東北地方の海域を航行していた船舶の航行状況を把握した。②：航行挙動解析により航行中に津波の影響を受けた船舶を特定し、その特徴について定性的評価を行った。③：②の結果から津波の影響を受けた船舶について定量的評価を行った。④：②、③に基づき津波応答に関する判定アルゴリズムを構築した。⑤：④で構築した船体津波応答による津波検知アルゴリズムと通報機能を組み込んだリアルタイム船舶航行モニタリングシステムを構築した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is construction of the early detection system of the tsunami which utilized the navigation data of the vessel.

The main results are as follows. (1) Navigational status of the vessel, which was sailing in the coastal waters was grasped by using the AIS data analysis at the time of tsunami. (2) The vessel influenced by the tsunami was specified with ship behavior analysis, and a qualitative evaluation was performed about these feature. (3) Quantitative evaluation was performed about the vessel which received the influence of a tsunami from the result of (2). (4) The judgment algorithm about a tsunami response was built based on the results of (2) and (3). (5) Real-time vessel traffic monitoring system that incorporates a tsunami detection algorithm and reporting functions built with (4) was constructed.

研究分野：社会システム工学・安全システム

キーワード：海事防災 津波 AIS 防災システム 船舶挙動解析

### 1. 研究開始当初の背景

これまでの地震発生に伴う津波の伝搬予測は、沿岸海域に設置された波高計で行われる。波高計のほとんどが海底設置型の海象計(超音波ドップラー式波浪計及び超音波式波高計)である。海象計の位置は海岸から概ね3km以内、水深30~50mの海底に設置されている。さらに、それ以外の12ヶ所に、海面設置型のGPS式波浪計がある。GPS波浪計は、海岸から約10~20km、水深100~300mの海面に、GPSを搭載したブイを海底から係留索で係留して設置されている。いずれの波高計も、沿岸に極接近した浅瀬に設置されている。2011年3月11日に発生した東北地方大地震では、これらの波浪計は、大津波の予報・通報に関しては十分に役立たなかった。その原因は、(1)予想外の波高のため、波高計が十分用をなさなかったこと、(2)これらの波浪計は少ない観測位置での津波の1点計測であり、津波の伝搬方向などの情報が十分提供されないこと、(3)波高計が海底設置型のため、沿岸間際の浅瀬まで津波が伝搬しないと予測できないので、遙か沖合での早期予測が十分できないことなどに起因する。その結果、大津波襲来の予測や通達が遅れ、さらにはどのような津波が襲来するののかという具体性に欠けた警報情報など様々な要因が影響したことにより、陸上での被害が増大したものと考えられる。これらの現状の問題点を解決すべく、本研究では、津波来襲時に最も早くその影響を受ける巨大構造物は沖合航行している船舶群であることに着目し、それら沿岸航行をする多くの船舶に搭載が義務付けられているAISのデータを用いた津波の早期通報システムを考案し、その確立を目指す。

### 2. 研究の目的

本研究は、船舶の航行データであるAISデータを利用することで大津波来襲を早期に把握し、それを陸上に通達するシステムの構築を目的とした研究である。通常、日本沿岸を航行する船舶は沖合10km~30kmの海域を航行しており、その多くが自船の情報を他船に通知することを目的とした自動船舶識別装置(Automatic Identification System: 以後AISとする)の搭載を義務付けられている。津波来襲時、最も早くその津波の影響を受ける巨大構造物は沖合航行している船舶群であり、それらが影響を受けた情報をいち早く陸上に伝達できれば、時間的な猶予が確保できるために避難や防災・減災対策はより安全な方法を選択し実行することが可能となる。このように、本研究では、AISを津波検知センサの如く使用することで、大津波来襲を早期に陸上に伝達するというこれまでにない斬新かつ効果的なシステムを構築する。

### 3. 研究の方法

本研究は、船舶の航行データであるAISデ

ータを活用することで大津波来襲を早期に把握し、それを陸上に通達するシステムの構築を目的とした研究であり2年計画で行った。これを実現するにあたり、以下の5つの課題を設定した。まず、2011年3月11日の大津波時に東北地方の海域を航行していた船舶の航行状況の把握し、個々の船舶について、津波の影響を受けた船舶の船体運動解析を行う。その解析結果から導かれる、津波の影響を受けた船舶について定量的評価と津波応答に関する判定アルゴリズムを構築する。最終的に、それらを組み込んだ、早期津波検知・通報システムを構築する。本研究を遂行するにあたり、設定した5つの課題の取り組み方と具体的な工夫についてまとめた。

2011年3月11日の大津波時に東北地方の海域を航行していた船舶の航行状況の把握：震災当時の船舶の航行状況をAISデータを基に再現する。沿岸海域、港内に分けて解析し、航行中の船舶は大津波が来襲した際にどのような挙動を示したのかを解析する。また、港内船舶については、港内における航行状況や停泊船舶についてはどういった状況での停泊であったのかをAISデータから解析し、それらを踏まえ、何時何分に大津波に直面し、どのような挙動を示したかについて詳細を把握する。また、各船舶が沿岸域からどの程度離れて航行していたかについて、地理情報システム(GIS)マッピングにより把握する。また同時に、震源から沿岸域までの水深地形についても水深データをGIS上でマッピングすることで明瞭化し把握する。さらに、全国港湾海洋波浪情報網(NOWPHAS)によって取得されたGPS波浪ブイからの観測データと照合する。本課題については、本申請者はこれまでにAISデータを用いた船舶の行動解析について研究を行っており、特に今回の研究のターゲットである2011年3月11日の一部の海域についての解析結果を得ている。

個々の船舶について、津波の影響を受けた船舶の運動解析：

の解析結果を基に、津波の影響を受けたと推測される船舶を抽出する。それらの船舶についてのAISデータの静的情報を基に船体の詳細目(船の種類、船の全長、船の全幅、喫水など)を把握し、それぞれの船型に応じた通常時の波浪中の船体運動を把握する。それらの基礎データを基に今回の津波時の船体運動を比較検証を行う。本課題についても同様に、本申請者はこれまでに同様の研究を行っており、解析結果の一部は既に得ている。ただし、詳細な船舶の操縦性を伴う運動解析については、これまでに共同研究を行ってきている長谷川和彦(大阪大学教授)、小林英一(神戸大学教授)と相談の上、取り組む。

津波の影響を受けた船舶について定量的評価：

の船体運動解析結果について、船種毎(各船種についても大きさや形状により細分化する)に今回の津波時に船舶が航行中に受けた外力についての各ピーク値の時刻歴を抽出し、それらを全船舶を振り分けた各グループ毎に定量的評価を行い、船舶の津波応答に関する評価関数を導出する。また、各ピーク値の時刻を読み取り、それらを GIS 上にマッピングし、その地点を確定する。それらを全船舶に適用し、各ピーク値の等時間波状線についても導出する。本課題における定量的評価については、これまでに共同研究を行ってきている小葉武史(熊本学園大学准教授)と相談の上、取り組む。

津波応答に関する判定アルゴリズム構築：

により導出された船体の津波応答に関する評価関数を用いて、船舶が航行中に津波に遭遇したかどうかの判定アルゴリズムを構築する。

早期津波検知・通報システムの構築：

本研究で提案するシステム構築において、基盤となる ~ の課題を踏まえ、AIS データを用いた津波の早期検知システムを構築する。さらに、その情報を陸上に早期に伝達し避難者にとって効果的でわかりやすいインターフェースを備えた可視化システムとする。その際に、GIS ベースのシステムを考案する。また、本提案手法の核は AIS データであり、独自でこの AIS データを収集するシステムも組み込む

#### 4. 研究成果

(平成 26 年度)

平成 26 年度は以下の 4 つの課題に取り組んだ。2011 年 3 月 11 日の大津波時に東北地方の海域を航行していた船舶の航行状況の把握し、個々の船舶について、津波の影響を受けた船舶の船体運動解析を行う。その解析結果から導かれる、津波の影響を受けた船舶について定量的評価と津波応答に関する判定アルゴリズムを構築した。本年度の成果として、については、大津波来襲時の船舶の航行状況を AIS データを基に再現解析し航行中の各船舶が何時何分に大津波に直面し、どのような船体挙動を示したかについて詳細を把握した。については、□の解析結果を基に、津波の影響を受けたと推測される船舶を抽出し、それらの船舶についての AIS データの静的情報を基に船体の詳細目をデータベース化し、それぞれの船型に応じた通常時の波浪中の船体運動を把握した。については、の結果を基に、船種毎(各船種についても大きさや形状により細分化する)に今回の津波時に船舶が航行中に受けた外力についての各ピーク値の時

刻歴を抽出し、それら船舶を振り分けた各グループについて定量的評価を行った。また、各ピーク値の時刻を読み取り、それらを地理情報システム上でマッピングし、その地点を明瞭化した。それらを全対象船舶に適用し、各ピーク値の等時間波状線を導出した。については、により導出した船体の津波応答係数を用いて、船舶が航行中に津波に遭遇したかどうかの判定アルゴリズムを構築した。

(平成 27 年度)

平成 27 年度は前年度に構築した船舶が航行中に津波に遭遇したかどうかの津波応答判定アルゴリズムを基に波早期検知・通報システムの基盤構築に取り組んだ。本年度の成果として、現在、各航行船舶から送信されている AIS データを受信しリアルタイムで船舶状況を表示・データを蓄積するシステムを構築した。また、それらをクライアントとしてネットワーク化を行い、各クライアントで受信・蓄積された AIS データを統合・集約するデータサーバシステムを構築した。のシステムについては、前年度に構築した津波応答判定アルゴリズムが組み込まれており、津波発生時には沿岸域への予想津波波高、予想到達時間が提示される。また、同システムは地理情報システムを用いてデータの可視化を行っており、一度に多くの情報をわかりやすい表示で提供できる。により構築したクライアントサーバシステムでは多地点で取得されたデータを統合収集することで高精度なデータを作成し、それらをのクライアントシステムに送信することでより広域での津波状況の予測・把握が可能となる。これらのシステムについて運用実験を行い、AIS データの受信と航行船舶のリアルタイム表示機能の検証、津波時を模試した異常挙動を示す航行船舶の抽出機能の検証、複数のクライアントとサーバ間でのデータ送受信のロバスト性の検証を行った。

#### 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 4 件)

Hiddenari Makino, Xinjia Gao, Masao Furusho, Grasp of a Latent Risk of Ship Evacuation during Tsunami using AIS Data Analysis, Proceedings of 2015 International Association of Institutes of Navigation, CD-ROM, 2015.

牧野秀成, AIS データを用いた大津波来襲時の石油コンビナートを有する港湾における船舶の避難状況把握, 第 25 回海洋工学シンポジウム講演論文集, CD-ROM, 2015.

牧野秀成, 小葉武史, 船舶ビッグデータを用いた津波の動向把握に関する研究, 土木学会論文集 B2 (海岸工学), Vol.70,

No.2, I\_1421-I\_1425, 2014.

牧野秀成, AIS データを用いた津波の早期検知・通報システムの構築に関する研究 -船舶挙動解析による津波の検知-, 土木学会論文集 B3 (海洋開発), Vol.70, No.2, I\_984-I\_989, 2014.

〔学会発表〕(計 9 件)

Hidenari Makino, Xinjia Gao, Masao Furusho, Grasp of a Latent Risk of Ship Evacuation during Tsunami using AIS Data Analysis, Proceedings of 2015 International Association of Institutes of Navigation, Oct.20-23.2015, Prague, Czech Republic.

牧野秀成, AIS データを用いた大津波来襲時の石油コンビナートを有する港湾における船舶の避難状況把握, 第 25 回海洋工学シンポジウム講演会, 2015 年 8 月 6-7 日, 東京.

Hidenari Makino, Analysis of a Latent Risk of Ship Evacuation during Tsunami using Ship Big Data, NATECH2016, Jan.12-13.2016, Osaka.

Hidenari Makino, Application of AIS data analysis for Natech risk reduction, The 9<sup>th</sup> Asia AIS Workshop, Mar.16-17.2016, Kobe.

Hidenari Makino, Research on construction of tsunami detection system using ship big data, 8<sup>th</sup> AISworkshop 2014, Dec.11-12.2014, Istanbul, TURKEY.

Hidenari Makino, Behavior Analysis of the Ship Attacked by Tsunami using AIS Data, Oct.15-16.2014, Wuhan, CHINA.

牧野秀成, AIS データを用いた大津波来襲時の避泊船舶解析に関する研究, 平成 26 年度日本船舶海洋工学会春季講演会, 2014 年 5 月 26-27 日, 宮城.

牧野秀成, AIS データを用いた津波の早期検知・通報システムの構築に関する研究 -船舶挙動解析による津波の検知-, 海洋開発シンポジウム, 2014 年 6 月 26-27 日, 新潟.

牧野秀成, 船舶ビッグデータを用いた津波の動向把握に関する研究, 土木学会海岸工学講演会, 2014 年 11 月 12-14 日, 愛知.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
出願年月日 :  
国内外の別 :

取得状況 (計 0 件)

名称 :  
発明者 :  
権利者 :  
種類 :  
番号 :  
取得年月日 :  
国内外の別 :

〔その他〕  
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

牧野 秀成 (MAKINO Hidenari)  
国立研究開発法人 海上技術安全研究所・  
その他部局等・研究員  
研究者番号 : 20533516

(2) 研究分担者

( )

研究者番号 :

(3) 連携研究者

( )

研究者番号 :