

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 17 日現在

機関番号：14501

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2012～2014

課題番号：24651194

研究課題名(和文) 海象情報統合システムと統計フィルタによる低気圧波浪の新予報技術の開発

研究課題名(英文) Development of New Forecasting Technology of Waves due to Low Pressure from Oceanographic Information Integrate System

研究代表者

笹 健児 (Sasa, Kenji)

神戸大学・海事科学研究科(研究院)・准教授

研究者番号：10360330

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)：船舶は複雑に変化する気象海象の影響を的確に予測し、多様化する条件を最適化した運航が求められる。気象海象について予報サービスが充実しつつあるが、冬季に日本の南側から北東進しながら発達する低気圧時の波浪について予報の困難さ調査により明らかとした。過去に運航可能と判断し出港したものの、予測を大きく上回る波浪が出現し、非常に危険な状態となった2例について、局所気象モデルであるWRFおよびSWANを用いた数値実験を様々な条件下で行った結果、解像度の設定と補正が重要なことを明らかとし、さらに船舶側での連続気象データを得るためのシステム(マスターデータベース)に参画し、今後の研究につながる基礎データを得た。

研究成果の概要(英文)：Optimal operation of ships is required on a basis of accurate forecast against complicated weather conditions. A technology of weather forecast has been developed in a recent decade, however, it is found that the wave pattern is difficult to reproduce when low pressures move northeasterly from southern sea area of Japan. In this study, two examples are simulated when the ferry navigates in the Pacific Ocean and encounters larger waves against the forecasted values. Regional models of air and ocean, WRF and SWAN, is used to clarify the factor which makes difficult to forecast. It is necessary to define the simulation area and resolution for low pressures in each case, and correction of wave energy needs in some cases. The total measurement of ship performances and weather conditions is constructed, and has measured continuous situations. These will be used for the improvement of accuracy about the correction of wave energy in numerical simulation models.

研究分野：船舶海洋工学、最適運航、耐航性理論

キーワード：気象海象 船舶運航 低気圧 数値予報 波高上昇率

1. 研究開始当初の背景

申請者らは外洋を航行する船舶が低気圧など荒天時に発生する船体運動とこれに起因する貨物損傷のメカニズムを解明する研究を実施している。その過程で以下の問題点が明確となった。(1)低気圧の波浪影響は冬季だけでなく、春や秋など季節の変わり目にも貨物損傷を伴う危険な航海が少なくない。(2)複数の波浪予報の中から最も危険側の結果をもとに航海(貨物損傷)の危険度の経験的な判断をするが、航海可能と判断したものの予報値の2倍以上の波浪に遭遇し、多くの貨物や船内設備の破損を伴う事例も発生し、低気圧の発達に伴う高波浪の予報精度は信頼性に欠け、対応に苦慮している。気象学、海岸工学、海洋工学の分野で計算機能力の発展に伴い、地球全体を計算領域とした気象予報が可能となり、多種多様な理論体系やウェザールーティングによる最適航路の報告例は多い。一方、定時運航を要求される船舶関係者にとって低気圧波浪時の運航判断は未だ大きなリスクが伴い、別な角度から予報技術の改善が急務であった。

2. 研究の目的

日本近海で発達する低気圧に起因する波浪予報は未だに問題点が多く存在し、船舶による海象情報統合システムの開発、数値予報モデル、誤差修正モデルによる高精度な予報を実現する。

(1)低気圧時の波浪の予報実績を明確にし、当時の気象データから予報困難な背景を解明する。

(2)船舶による実海域での気象海象の情報を基地局に自動発信・集積する海象情報統合システムを開発し、現状の気象通報、天気図作成に代わる方法論で海上気象の解像度を向上させる。

(3)気象力学および波浪予報モデルに対し、海象情報統合システムおよび統計フィルタにて二段階の誤差修正を行い、12~48時間先の低気圧および1/1000有義波としての波浪情報を90%以上の確率で予報できる方法論を確立し、荒天時の海難確率のゼロ化を実現する。

3. 研究の方法

以下の手順に従って実施した。

(1)船舶運航の関係者を対象に、過去に低気圧の発達に伴う高波浪(以下、低気圧波浪と呼ぶ)を正しく予報できなかった日時、気圧配置、風特性、波浪特性を調査し、予報の失敗事例(数十例)について当時の気象データから予報が失敗した背景・要因を定量的に明らかにする。

(2)海上気象は船舶から気象通報として通常

6時間ごとに報告されるが、この時間間隔では急変する気象状況を捉えきれていない可能性が高い。船舶のAIS(自動識別システム)をモデルに気圧、風、水温、気温、湿度などの気象データ、航海情報、船体運動データ、沖合の波浪情報などを統一フォーマットにより数秒間隔で連続的に送受信できる情報システムを構築する。

(3)海象情報統合システムにて気象庁の海上天気図を修正(第一修正)し、気象力学モデルWRF、波浪予報モデルSWANにて12~48時間先の気圧配置、風特性の予報、1/1000有義波も含めた波浪情報を計算する。予報結果と実測値に生じる誤差に対し、カルマンフィルタなど誤差修正が可能な統計的手法をベースに、低気圧波浪に関する予報が失敗する定量的な傾向、集積・更新される海象データをもとに最適アルゴリズムを開発する(第二修正)。上記内容を繰り返し、90%以上の確率で低気圧発達時の航海安全性を事前判断できる理論体系を完成させる。

4. 研究成果

船舶の運航関係者を対象に聞き取り調査、資料整理、さらに全国規模でのアンケート調査を通じて外洋に面する海域での低気圧による運航の困難さが明らかとなった。

(1)内航船の場合は約8割が気象予報サービス等を何らかの形で使用しているにもかかわらず、運航中に危険な状況に陥ったケースが少なからず存在する。これは現在の予報精度が船舶運航の実用面から未だ不十分であることを示している。

(2)外航船の場合もウェザールーティングのサービスを利用すると回答したのが58%に対し、その信頼性が十分であると11%が回答したのに対し、全く十分でないと回答したのも11%あった。

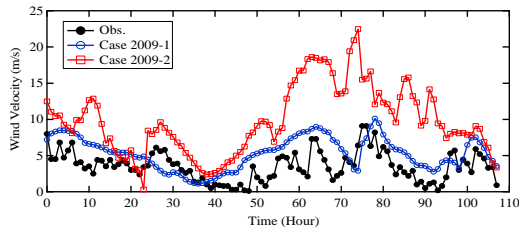
(3)予報が困難な気象パターンとして低気圧が東進、北東進する場合を上げる回答者がいた一方、気象パターンというよりも各予報会社が使用しているモデルや計算の設定による影響が強いと回答した事例もあった。

(4)予報が的中しなかった船舶の運航例を2例ほど分析した結果、いずれも冬季に低気圧が北東進しながら急激な発達を伴うパターンであることが共通しており、また低気圧の接近や影響自体はあらかじめ予測されていたものの、発達の度合いが予報を大きく上回り、有義波高が2倍近くに発達したことによる影響が明らかとなった。

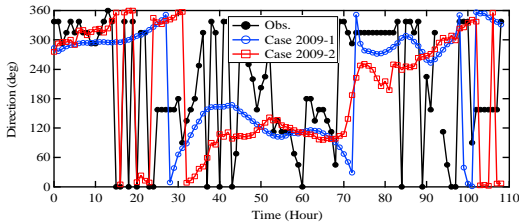
これらの調査によって実際に予報が困難であったケースについて、WRFおよびSWANによる波浪予報について様々な条件を変更しながら試みた。この結果、以下のことが明らかとなった。

(5)図-1に2009年4月における低気圧時の大船渡における2種類の解像度(ケース2009-1:45km~5km、ケース2009-2:9km~1km)

での平均風速、平均風向を比較した結果を示す。これより解像度を高くすることにより風速値は2倍程度の差となることがわかる。



(a) Comparison of Wind Velocities



(b) Comparison of Wind Directions

図-1 WRF による解像度ごとの風速、風向の再現結果 (2009年4月、大船渡)

(6) 図-1の結果をもとにSWANにより波浪追算を行った波高分布図および釜石での有義波高の結果を図-2および図-3に示す。

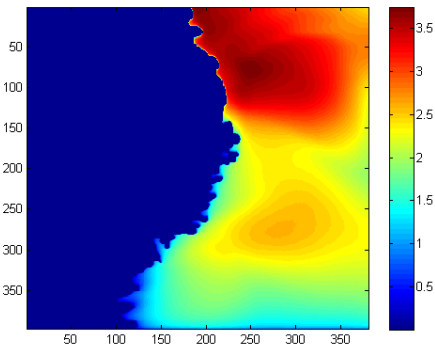


図-2 SWAN による東北沿岸での波高分布 (2009年4月26日1:00)

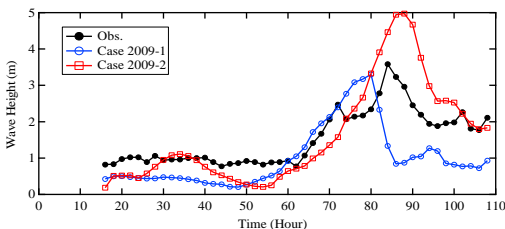
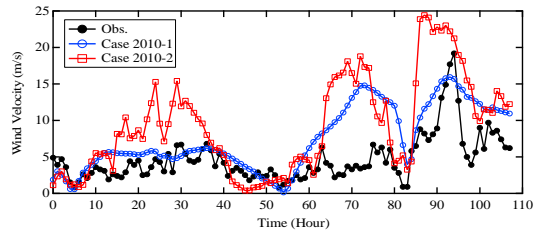


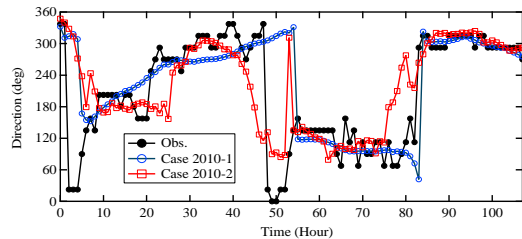
図-3 SWAN による解像度ごとの有義波高の再現結果 (2009年4月、釜石)

これより解像度が低い場合に対し、高解像度で追算した場合は波高が3mから5mに大きく上昇していることがわかるが、実測値はむしろ前者に近い。沖合で船舶が貨物の破損

に至った原因が完全には再現できていない。(7) 図-4に2010年12月22日に太平洋上で航行中の船舶が予報値の2倍近くの波浪に遭遇したときの状況をWRFで平均風速、平均風向を再現した結果を解像度ごとに示す。



(a) Comparison of Wind Velocities



(b) Comparison of Wind Directions

図-4 WRF による解像度ごとの風向、風速の再現結果 (2010年12月、宮城県江ノ島)

この場合も解像度を高くすることによって風速は10m/s近く大きくなることが確認され、解像度および領域の設定が適切でない場合には風が過小評価される可能性が高いと考えられる。

(8) 図-5および図-6にこの結果をもとにSWANで波浪追算を行った宮城県沿岸での波浪分布、仙台沖での有義波高の変動状況に関する結果を示す。

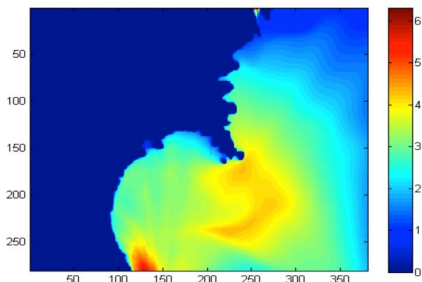


図-2 SWAN による東北沿岸での波高分布 (2010年12月22日15:00)

計算結果より、仙台沖の波浪は解像度が低い場合は明らかに1.5m近くの過小評価となっており、船舶が危険な状況に陥った状況を説明できる。一方、高解像度で計算を行った場合、若干実測値よりも小さいが、値はかなり近くなっていることがわかる。

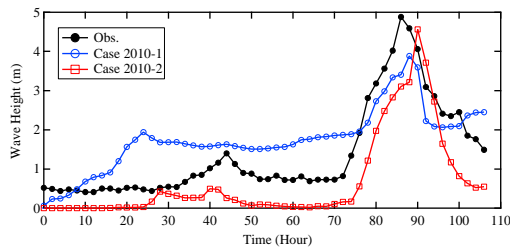


図-3 SWAN による解像度ごとの有義波高の再現結果 (2009 年 12 月、仙台)

これからも計算領域、解像度など計算モデルとその条件設定が予報精度に重要な影響を及ぼすことがわかり、船舶のような場合は局地的な精度が重要であることから、高解像度の予報システムが必要となる。

(9) 本研究で 6 時間先の予報は解像度の正確な設定にて可能となることが明らかになったが、当初目標とした二段階フィルタを構築するためのデータを計測する体制を社団法人日本船用工業会との連携により「マスターデータベース」の一部として構築した。データは 2014 年度に 1 年間ほど計測されているため、2015 年度以降にこれを分析の上、予報精度を向上するモデルの開発に取り組む予定である。

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 6 件)

(1) 笹健児、塩谷茂明、寺田大介、若林伸和、大澤輝夫：データ分析から見た船舶運航における波浪予報の現状と課題について、土木学会論文集 B3(海洋開発)特集号、Vol.69、No.2、I_61-66、2013

(2) 曾田泰介、塩谷茂明、笹健児：気象・海象を考慮した数値ナビゲーションシステムの基礎的研究、日本船舶海洋工学会論文集、第 16 号、pp.155-164、2013

(3) Sasa, K., Terada, D., Shiotani, S., Wakabayashi, N., and Ohsawa, T.: “Current Situation and Difficulty of Wave Forecast from Viewpoint of Ship Management”, Proceedings of the 32nd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2013, pp.1-8, 2013

(4) Chen, C., Shiotani, S. and Sasa, K.: “Numerical Ship Navigation Based on Weather and Ocean Simulation”, Ocean Engineering Journal, Vol.69, pp.43-53, 2013

(5) Sasa, K., Chen, C., Shiotani, S., Ohsawa, T. and Terada, D.: “Numerical Analysis of Failed Forecasts of Waves under Low Pressures from Viewpoint of Ship Operation”, Proceedings of the 33rd International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering, OMAE2014, pp.1-8, 2014

(6) 種本純、大澤輝夫、香西克俊、塩谷茂明：中東・北太平洋航路における全球数値予報モデルの海上風予報精度評価、日本航海学会論文集、第 131 号、pp.48-56、2014

〔学会発表〕(計 2 件)

(1) 笹健児：ウェザルーティングの利用情報および太平洋沿岸を航行する大型フェリーの波浪予報から見た安全運航のあり方、日本船舶海洋工学会実海域性能研究会、2013 年 1 月 15 日

(2) 石上一輝、大澤輝夫、美崎豪之、馬場康之、川口浩二：メソ気象モデル WRF を用いた 2 種類の海上風推定手法の精度検証、第 36 回風力エネルギー利用シンポジウム予稿集、pp.349-352、2014 年 11 月 27-28 日

〔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：

出願年月日：

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

笹健児 (神戸大学)

研究者番号：10360330

(2) 研究分担者

寺田大介 (水産工学研究所)

研究者番号：80435453

塩谷茂明 (神戸大学)

研究者番号：00105363

大澤輝夫 (神戸大学)

研究者番号：80324284

小林英一 (神戸大学)

研究者番号：90346289

若林伸和 (神戸大学)

研究者番号：60242351

(3)連携研究者 ()
研究者番号 :