ウェザールーティングのための 東西指数の予測手法の研究

庄司 るり*・西山 尚材**・大津 皓平*

A Study on Prediction Method of Zonal Index for Weather Routing

Ruri SHOJI, Hisaki NISHIYAMA and Kohei OHTSU

Abstract

Effectiveness of the result of weather routine depends upon the accuracy of forecasting sea conditions. However, the latest weather the forecasting is restricted to 8 days ahead prediction in Pacific Ocean. On the other hand, Dr.Suda^{(1),(2)} emphasized on the importance of the concept of zonal index.

To solve this problem, the authors propose the application of seasonal adjustment model and its estimation method by Kalman filter for predicting the evolution of the zonal index. The accuracy of the predicted zonal index is estimated by comparing the predicted data with the data obtained from the weather analysis issued by the Japanese Meteorological Agency (JMA). The best model selected in various model's parameters gives accuracy of 76%.

The correlation between the zonal index and wave distribution is also investigated by using weather analysis data of the JMA, and the authors make wave distribution patterns from the predicted zonal index.

Finally, the authors describe the efficiency of the proposed predicting method on ship's weather routing, by voyages simulation for a container ship.

Keywords : Weather Routing, Zonal Index, Seasonal Adjustment Model, Kalman Filter, Prediction

キーワード : ウェザールーティング、東西指数、季節調整モデル、カルマンフィルタ、予測

1. はじめに

ウェザールーティング (Weather Routing, 以下 WR と記す) とは、航海中の気象・海象状態をできる限り正確に予測し、当該船舶の航海性能を考慮して、ある評価基準に対する最適な航路を選定することである。WR において、気象・海象情報は不可欠な要素であるが、現在のところ気象庁が予測する気象・海象データは、最長で 192 時間 (8 日) 先の予報値までしか発表されておらず、例えば北太平洋において日米間を横断する場合、データが不足するという問題がある。

この問題に対し先行研究^{(1),(2)}では、約 10 日間を必

要とする北太平洋航路に対し、東西指数 (Zonal Index : ZI) と呼ばれる値の予測値を用いて波浪の予測を行う手法が提案されている。本研究は、この手法の改善を目指すものである。

本研究ではまず、日本の気象庁が提供した過去の気象・海象データから、東西指数の 5 日平均の時系列データを作成した。次に作成したデータから季節調整モデルを作り、予測に使用する時系列データの長さやモデルのパラメータを変えて東西指数の予測を行うことで、予測に適するパラメータの条件の検討を行った。また、東西指数を 100m 毎のクラスに分け、各東西指数クラスに対応する波浪分布データ

* 正会員 東京海洋大学 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) rshoji@kaiyodai.ac.jp

** 学生会員 東京海洋大学大学院 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6) d102010@kaiyodai.ac.jp

を作成した。そして、その波浪分布データを使用した、東京-サンフランシスコ間を航海するコンテナ船を対象とした WR シミュレーションを行い、最適航路選定における東西指数利用の有効性について検討を行った。

2. 東西指数と気象・海象データについて

2.1 東西指数

東西指数は、偏西風が南北に蛇行しているか、あるいは東西の流れが卓越しているかを示す指標で、特定の緯度圏間のある気圧に対する気圧高度差、または、それを換算した地衡風速で表す。本研究では、北緯 40 度帯と北緯 60 度帯の 500hPa 等圧面高度の平均高度差を東西指数と定義することとした。式で表すと、以下ようになる。

$$ZI = \overline{H_{40}} - \overline{H_{60}} \quad (1)$$

ここで、

ZI : 東西指数

$\overline{H_{40}}$: 北緯 40 度帯の平均 500hPa 等圧面高度

$\overline{H_{60}}$: 北緯 60 度帯の平均 500hPa 等圧面高度を示す。

2.2 気象・海象データ

本研究は使用する気象・海象データとして、日本の気象庁の発表する全球数値予報モデル GPV (Gridded Point Value、以下 GPV と記す) データを使用している。GPV データは、日本の気象庁の数値予報モデルにより毎日作成される予測データである。GPV データは、地図上を適当な間隔のメッシュに区切り、その格子点において予測値を算出するもので、この格子点の持つ予測値のことを GPV と呼ぶ。GPV データは、現在のところ 192 時間先まで使用可能である。なお、波浪データの予測モデル (GWM: Global Wave Model) は 2007 年 6 月 6 日、海上風データの予測モデル (GSM: Global Spectral Model) は 2007 年 11 月 20 日に数値予報モデルが変更された。なお、数値予報モデルの変更に伴い配信される際のデータ形式も、GRIB1 (国際気象通報式 FM92 GRIB 二進形式格子点資料気象通報式 (第 1 版)) から、GRIB2 (国際気象通報式 FM92 GRIB 二進形式格子点資料気象通報式 (第 2 版)) に変更された。Table 1 に、旧予報モデルと現数値予報モデルの概要を示す。GPV データは、数値予報モデルにより計算された数値がそのまま記録されている。

Table 1 Details of the JMA GPV data

Model /Format	Initial Time	Spatial resolution	Parameters
Old GSM /GRIB1	00,12UTC 2 times a day	1.25 deg	Zonal wind Meridional wind
New GSM /GRIB2	00,06,12,18UTC 4 times a day	0.5 deg	Zonal wind Meridional wind
Old GWM /GRIB1	00,12UTC 2 times a day	1.25 deg	Wave height Wave period Wave direction
New GWM /GRIB2	00,06,12,18UTC 4 times a day	0.5 deg	Wave height Wave period Wave direction
Forecast period : 00-84 hours (every 6 hours) 96-192 hours (every 12hours)(only 12UTC)			

2.3 東西指数の変動

Fig. 1 は、2003 年から 2009 年について、GPV データから求めた毎日の東西指数の時系列データを 5 日平均し、さらに 7 年分の同期間の平均をとり、グラフにしたものである。縦軸は平均の東西指数、横軸は日付を示す。図中の縦線は、5 日平均値の標準偏差である。図をみると、東西指数の平均値は不規則な周期で絶えず変動を繰り返しており、夏には低く 10 月後半から 11 月に高くなっている。また、東西指数の標準偏差は冬半年に大きく、夏半年に小さくなるのがわかる。この標準偏差の違いに関して、冬半年の方が南北の温度差が大きくなり、東西指数が高い値から減少して最低となり、再び増大して高い値に戻る指数サイクルの振幅が大きくなる、つまり偏西風の蛇行の変化が大きいのということによるものであると考えられる。

Fig. 1 Variation of the annual average (averaged for 7 years) for the 5-day mean zonal index for the North Pacific Ocean. (The vertical bars indicate the standard deviation.)

3. 東西指数の予測手法

3.1 予測手法

n 期における東西指数の時系列データを y_n とすると、 y_n は①長時間にわたって増加や減少が続く傾向であるトレンド成分 t_n 、②毎年繰り返して現れる季節的な変動である季節調整成分 s_n 、③定常的な変動である自己回帰成分 p_n 、④それ以外の分解できない変動であるノイズ成分 w_n が含まれていると考えられる。本研究では時系列データを、上に挙げた 4 成分に分解してモデル表現する季節調整モデル (Seasonal Adjustment Model) を採用し、以下の式で表されるモデルによって表現した。

$$\left. \begin{aligned} y_n &= t_n + s_n + p_n + w_n \\ \Delta^k t_n &= w_{n1} && \text{(トレンド成分モデル)} \\ \sum_{i=0}^{j-1} B^i s_n &= w_{n2} && \text{(季節調整成分モデル)} \\ p_n &= \sum_{i=1}^m a_i p_{n-i} + w_{n3} && \text{(自己回帰成分モデル)} \end{aligned} \right\} (2)$$

ここで、

$$\begin{aligned} \Delta &: \text{差分演算子} \\ (\Delta^k \text{ は } k \text{ 階差分を示す。} \Delta^k &= (1-B)^k) \\ k &: \text{トレンド成分モデルの次数} \\ B &: \text{ボックス演算子} \\ j &: \text{時系列データ } y_n \text{ の周期} \\ a &: \text{自己回帰係数} \\ m &: \text{自己回帰成分モデルの次数} \\ w_{n1}, w_{n2}, w_{n3}, w_{n4} &: \text{互いに独立な正規白色雑音} \end{aligned}$$

を示す。

本研究では、北川⁽³⁾によって示されたこのモデルを状態空間で表現し、カルマンフィルタを用いて状態を予測する方法を使用した。カルマンフィルタは予測部分とフィルタ部分に分けられ、以下の式で表される。なお、以下の式中の太字の部分は行列を表す。

【1 期予測】

$$\left. \begin{aligned} x_{n|n-1} &= F_n x_{n-1|n-1} \\ V_{n|n-1} &= F_n V_{n-1|n-1} F_n^t + G_n Q_n G_n^t \end{aligned} \right\} (3)$$

【フィルタ】

$$\left. \begin{aligned} K_n &= V_{n|n-1} H_n^t (H_n V_{n|n-1} H_n^t + R_n)^{-1} \\ x_{n|n} &= x_{n|n-1} + K_n (y_n - H_n x_{n|n-1}) \\ V_{n|n} &= (I - K_n H_n) V_{n|n-1} \end{aligned} \right\} (4)$$

ここで、

$$\begin{aligned} F &: (2) \text{式を表現する状態遷移行列} \\ V &: \text{予測誤差の分散共分散行列} \\ G &: \text{駆動行列} \\ Q &: \text{システムノイズの分散共分散行列} \\ K &: \text{カルマンゲイン} \\ H &: \text{観測行列} \\ R &: \text{観測誤差の分散共分散行列} \\ I &: \text{単位行列} \\ x_{n|n-1} &: x_{n-1} \text{ のデータが得られたという条件下で } x_n \text{ の事象がおこる条件付き確率} \end{aligned}$$

を示す。

カルマンフィルタはステップを 1 つ進めるたびに、予測とフィルタの 2 つの手続きを行い、ノイズを含んだ現在の観測値と 1 ステップ前の状態推定値から、現在の状態推定値と 1 ステップ先の状態予測値を与える。また、フィルタ部分を省略して予測部分を繰り返すことにより、1 期先だけでなくさらに先の予測が可能となる。

3.2 予測例

本手法を用いて、東西指数の推定・予測を行った結果を Fig. 2 に示す。図は、2003 年 1 月 1 日から 2009 年 9 月 5 日の 488 個の 5 日平均東西指数からなる時系列データを使用し、2009 年 9 月 6 日から 5 期先 (5 日平均 $\times$ 5 期先 = 25 日) の 9 月 30 日までの予測を行った結果を示している。このとき、トレンド成分モデルの次数 k を 2、時系列データの周期 j を 73 (365 日 / 5 日 = 73)、自己回帰成分モデルの次数 m を 8 として予測を行っている。図中、縦軸は東西指数、横軸は 2003 年の 1 月 1 日からの 5 日毎を 1 期としてその連続番号を示す。

Fig. 2(a) のグラフは、上から順にトレンド成分、季節調整成分、自己回帰成分、ノイズ成分、そしてこれら 4 つを足し合わせた東西指数の時系列となっている。トレンド成分の傾向を見ると、5 年目 (横軸が 365 期の部分) あたりまでは値が大きくなり、その後は小さくなるという長期的な傾向が出ていることがわかる。また、季節調整成分を見ると、1 年 (横軸で 73 期分) ごとに同じ形の波ができていくことがわかる。そして、自己回帰成分のグラフには、定常成分の規則性を表す波が出ていることがわかる。

Fig. 2(b) のグラフは、(a) の 1 番下の東西指数のグラフの 478 期以降を拡大し、解析値を重ね合わせたものを示している。なお、本研究における東西指数の解析値とは、GPV データの解析値 (0 時間予測値) を使用して求めた東西指数とする。図中、実線は推定値を、 $\times$ は解析値を、 Δ は予測値を示す。この結

果を見る限り、この条件では 2 期先までの解析値と予測値の差の平均は 5.8m、5 期先までの差の平均は 24.5m となっており、うまく東西指数の予測ができていると考えられる。

Fig. 2 Components of the proposed method for the prediction of zonal index.

4. 予測条件の違いによる予測精度の検討

4.1 予測の条件

予測に適する条件を検討するため、2003 年 1 月から 2009 年 11 月の GPV データから作成した 5 日平均の時系列データを使用し、予測に使用するデータの種類や期間、その他の条件を変更して 5 期先までの東西指数の予測を行った。変更する予測条件の詳細を、Table 2 に示す。

また、Table 2 の条件のもと、2008 年 10 月 1 日から 25 日ずつ予測を行う時期をずらした 16 期間について、それぞれ 5 期先まで予測を行った。なお、Table 2 の②で表すデータの期間は、GRIB1 の期間を含める場合 (Jan.2003-Nov.2009) と含めない場合 (Nov.2007-Nov.2009) の 2 通りとした。

Table 2 Conditions for the prediction of zonal index.

Parameter condition	Parameter condition value
①Longitude range	140°E-110°W or 90°E-100°W
②Data period	Jan.2003-Nov.2009 or Nov.2007-Nov.2009
③Time series input data	40°N and 60°N 500 hPa or ZI
④Autoregressive component dimension	From 2 to 9
⑤Trend component dimension	1 or 2

4.2 予測的中率

本研究では予測精度の検討のため、予測値と解析

値の差について予測的中率⁽¹⁾の考えを適用する。東西指数を 100m 毎で 6 クラスに分け、予測値が解析値と同じクラスであれば、予測的中率は 100%、隣のクラス (1 クラスの違い) であれば 50%、さらに隣のクラス (2 クラスの違い) であれば 25%、それ以外 (3 クラス以上の違い) は 0%とし、予測的中率を求めた。

4.3 予測条件の検討

Table 2 に示す条件毎に、前述の 16 期間についてそれぞれ 5 期先まで予測を行い、予測的中率を求める。Fig. 3 は、その 16 個の予測的中率の平均値について、縦軸を平均予測的中率、横軸を自己回帰成分モデルの次数 m とトレンド成分モデルの次数 k として示したグラフである。図中の各マークの説明を、Table 3 に示す。この図より、東西指数の予測に使用する時系列データは、経度の範囲を広く、長い期間のものを使用し、北緯 40 度帯と北緯 60 度帯の平均高度を分けて予測した場合の予測的中率が高くなっていることがわかる。中でも、自己回帰成分のモデルの次数 m が 5、トレンド成分のモデルの次数 k が 2 の時に予測的中率が最も良く、その値は 76%となっている。

Fig. 3 Comparison of the accuracy of zonal index prediction for various prediction conditions

Table 3 The explanation of the mark of Fig. 3

Symbol	Longitude range	Data period	Time series input data
—□—	90°E-100°W	Jan.2003-Nov.2009	40°N and 60°N
—■—	90°E-100°W	Jan.2003-Nov.2009	ZI
...□...	140°E-110°W	Jan.2003-Nov.2009	40°N and 60°N
...■...	140°E-110°W	Jan.2003-Nov.2009	ZI
—△—	90°E-100°W	Nov.2007-Nov.2009	40°N and 60°N
—▲—	90°E-100°W	Nov.2007-Nov.2009	ZI

Fig. 4 は、予測的中率が最も良かった条件の結果を、季節ごとの予測的中率でまとめたグラフである。本研究では、春を 3-5 月、夏を 6-8 月、秋を 9-11 月、冬を 12-2 月と定めている。縦軸は平均予測的中率、横軸は予測を行った季節となっている。図中では実線で季節毎の予測的中率を示し、破線で予測的中率の平均を示している。この図から予測的中率は、夏に高くなり秋に低くなるという、季節的な変化があることがわかる。これは Fig. 1 の標準偏差が、秋に極大、夏に極小となることから推測できる。

Fig. 4 Details of the seasonal variation of the zonal index prediction accuracy for the conditions assuring maximal accuracy.

5. 波浪分布データ

先行研究において、北太平洋の波浪は東西指数に対応して系統的に変化していることが示されている^{(1), (2)}。また、5 日平均の東西指数を組み合わせ、あるいは数値予報と組み合わせウェザールーティングを行うことは、戦略的な航路選定法として有効であることも確かめられている^{(4), (5)}。そこで本研究では、予測した東西指数クラスに対応する波浪分布データを作成し、ウェザールーティングを行う際に不足する波浪データとして使用することとした。

2003 年 1 月から 2009 年 11 月の GPV データを使用し、毎日の東西指数を 100m 毎のクラスに分けて、波高・周期については平均、波向については東西成分と南北成分に分けたベクトル平均を求めて、波浪分布データを作成した。Fig. 5 は上から、東西指数が 500m 以上のクラス、300m 以上 400m 未満のクラス、100m 未満のクラスの波高と波向の分布である。図では、波高を等高線と矢印の長さで、波向を矢印の向きで示す。

Fig. 5 5-day mean wave distribution map model classified by Zonal index.

東西指数が 500m 以上の図では、4.5m 程度の高波高域がベーリング海の東側とアラスカ湾にあることがわかる。300m 以上 400m 未満の分布図では、アリューシャン列島とアラスカ湾の南側（北緯 50 度、東経 175 度-西経 130 度付近）に 3.5m 程度の高波高域が見られるが、100m 未満の分布図では特に目立った高波高域は見られない。このことから、高波高域は東西指数クラスが小さくなるに伴い、その領域を南に移動させながら徐々に消えていくといえる。

次に波向は、500m 以上の図では、西方からの波の南限が北緯 45 度付近にあるが、300m 以上 400m 未満の分布図では北緯 35 度付近に、100m 未満の分布図では北緯 30 度付近にあることがわかる。すなわち、東西指数クラスが小さくなるに伴い、西方から

の波の南限は南に移動することがわかる。

また、東西指数が 100m 未満の分布図では北緯 45 度、西経 170 度の付近に低気圧性の波向の循環が確認できる。これは、偏西風の強さが弱まりその蛇行が大きくなったために地上で発生した、閉塞した停滞性の低気圧の影響であると考えられる。

6. WR シミュレーション

6.1 シミュレーションの条件

本研究では、東西指数の利用が最適航路選定に有効であるかを検討するため、作成した東西指数クラス別波浪分布データと GPV データを使用して、東京-サンフランシスコ間の WR シミュレーションを行った。

シミュレーション開始日を、2008 年 11 月 10 日から 2009 年 2 月 3 日まで 5 日毎に設定し、最も長い期間（192 時間先まで）の気象予測データを利用するため、シミュレーション開始時間を 12UTC とした。また、航海時間が長くなるように設定回転数を 45rpm（平均船速 15knot）とした。（波浪と海流の影響を考慮せず、平均船速 15knot で大圏航路を航走した場合、太平洋の横断に 12 日程度要する。）

シミュレーションを行う対象船舶の速力曲線は、過去の研究で北太平洋航路に就航中のコンテナ船（42,442G/T、247.85mLpp、32,700ps のディーゼル機関 1 基搭載）に装備されたボエジレコーダーから得られた航海データを解析したものを使用している⁽⁶⁾。プロペラ回転数 43、53、63、73rpm に対応する速力曲線を、Fig. 6 に示す。図中、速力曲線が途切れているのは、速力が運航限界を超えた点である。

また、シミュレーションでは評価指標を航海時間とし、最適航路の計算手法に等時間曲線法⁽⁷⁾を利用する。

Fig. 6 Ship's performance curve for the model ship used for the simulation.

6.2 シミュレーションで使用する波浪データ

本研究では、シミュレーションで使用する波浪データを以下のように変更し、前節の条件でシミュレーションを行っている。

- ① GPV データの解析値のみ使用する。
- ② GPV データの解析値及び 192 時間先までの予測値を使用する。192 時間以後は、192 時間の時点の予測値を使用し続ける。
- ③ GPV データの解析値、192 時間先までの予測値を使用する。192 時間以後は、東西指数クラスに対応する波浪分布データを使用する。
- ④ 東西指数クラスに対応する波浪分布データのみ使用する。

本研究では、①の解析値だけを使用した場合の結果を正解とし、比較を行う。

6.3 シミュレーション結果

6.3.1 西航の最短時間航路

西航の場合、使用する波浪データにより、航路にばらつきが出ることがあった。しかし、Fig. 7 の上図（2008 年 11 月 30 日を出発）のように、△の 192 時間以後の波浪データに東西指数クラスに対応する波浪分布データを使用して選定した航路が、◇の正解の航路に近くなることが多かった。

また、Fig. 7 の下図（2008 年 12 月 10 日を出発）のように、*の東西指数クラスに対応する波浪分布データだけを使用して選定した航路は、◇の正解の航路と大きく違わないが、正解の航路よりも北側を通る傾向がある。これは波浪分布データに平均の値を使用しているため、実際より強い典型的な冬期荒天域の波浪パターンを使用しているためと考えられる。

Fig. 7 Simulation results for a westbound voyage using different types of weather data source.

6.3.2 東航の最短時間航路

東航の場合、使用する波浪データによる最短時間航路の形状の違いは小さく、ほとんどの場合が大圏の南側を通る航路となった。今回、シミュレーションを行った中で、使用するデータにより最も航路に差が出た2008年12月10日のシミュレーション結果を、Fig. 8 に示す。図より、西航の結果と比較して航路のばらつきが小さいことがわかる。

Fig. 8 Simulation results for an eastbound voyage using different types of weather data source.

6.3.3 最短時間航路の航海時間

Fig. 9 及び Fig. 10 は、シミュレーション結果の航海時間をまとめた図である。Fig. 9 は西航、Fig. 10 は東航の結果で、それぞれ、縦軸は航海時間を、横軸は出発日となっている。

図中、◇、□、△、*の各マークは、それぞれ6.2の①、②、③、④の波浪データを使用して求めた航海時間である。正解としている◇と、△（予測値と東西指数クラスに対応する波浪分布データを使用）の航海時間が近くなっていることがわかる。◇と△の差の平均は西航で2.6時間、東航で0.4時間となっており、差は小さいと言える。また、Fig. 10 より、*で示す東西指数クラスに対応する波浪分布データだけを使用した場合、◇の正解と比較し、大きな差が出るのがわかった。

なお、Fig. 9 及び Fig. 10 で使用した波浪分布データは、季節の違いを考慮していない。Fig. 11 及び Fig. 12 は、季節毎に波浪分布データを作成し、そのデータを使用してシミュレーションを行った結果である。ただし、波浪分布データの作成に使用したGPVデータの期間は、Fig. 9 及び Fig. 10 と同じである。Fig. 11 は西航の結果、Fig. 12 は東航の結果を、縦軸は航海時間、横軸は出発日を示す。なお、図中の各マークはFig. 9 及び Fig. 10 と同様である。

△で示す航海時間は、Fig. 9 及び Fig. 10 と比べて、東航・西航ともに航海時間に大きな違いが見られなかった。しかし、*で示す東西指数クラスに対応する波浪分布データだけを使用した場合の航海時間は、季節毎の波浪分布データを使用した場合の方が正解

に近くなっている。特に、正解との差が大きかった東航のシミュレーション結果の成績が、良くなっていることがわかる。これは、季節毎の波浪分布データを使用することで、季節的な波浪の影響をうまくとらえられたことが要因であると推測できる。

Fig. 9 Passage time of westbound voyages

Here the used zonal index is obtained by averaging the data over all the study period.

Fig. 10 Passage time of eastbound voyages

Here the used zonal index is obtained by averaging the data over all the study period.

Fig. 11 Passage time of westbound voyages

Here the used zonal index is averaged for every season in the study period.

Fig. 12 Passage time of eastbound voyages

Here the used zonal index is averaged for every season in the study period.

7. まとめ

ウェザールーティングの実施における予測データの不足という問題の解決として、東西指数による波浪分布データについて検討した。

季節調整モデルとカルマンフィルタを採用し、東西指数の予測を行った。そして、予測に適する条件を検討し、最も良い条件で予測を行うことで、予測的中率が76%程度の予測を行うことができた。

次に、2003年1月から2009年11月のGPVデータを使用して、東西指数クラス別の波浪分布データを、季節を考慮しない場合と考慮する場合の2種類作成した。

そして、作成した東西指数クラス別の波浪分布データを使用してWRシミュレーションを行った。その結果、数値予測期間以後に東西指数を利用することが最適航路選定に有効であることを確認した。

数値予報が北太平洋航路の平均必要時間より少ない予報しか与えられていない現状では、ここで提案した東西指数による波浪分布データを数値予報と組み合わせる方法は、ひとつの有力な方法と考えている。しかし、今後この方法をより確度の高いものにするためには、適切な区間のメッシュ毎の東西指数変化と波浪分布データの対応を、長期のデータを用いた統計的関係に基づいて見出す努力が必要である。さらに、予測を行う時系列データの経度範囲などの見直し、予測に適したデータの選定、月平均のデータや192時間平均のデータを使用したシミュレーション結果の違いについても検討していきたいと考えている。

謝辞

本研究は、東京海洋大学平成20、21年度海洋工学

部教育研究プロジェクトおよび、文部科学省・科研費・船舶海洋工学「燃料消費低減型最適航路選定に関する陸上支援局の開発研究」(21560828)の助成を受けたものである

本研究では、京都大学生存研究所が教育研究機関向けに提供している数値予報GPVを使用している。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 須田建, 巻島勉, 堀籠教夫, 桑島進, 大津皓平, 萩原秀樹: 冬季北太平洋におけるウェザールーティングの一手法について, 日本航海学会論文集, No.65, pp.135-149, 1981
- (2) 須田建, 巻島勉, 堀籠教夫, 桑島進, 大津皓平, 萩原秀樹: 冬季北太平洋におけるウェザールーティング-海象特性と予測指標-, 日本航海学会論文集, No.67, pp.149-154, 1982
- (3) 北川源四郎: 時系列解析入門, 岩波書店, 2005
- (4) 王長愛, 萩原秀樹: 高層気象パターンに基づくウェザールーティング-冬季北太平洋における西航について-, 日本航海学会誌航海, No.102, pp.34-41, 1989
- (5) 萩原秀樹, 鈴木るり, 桑島進, 東誠: INMARSATデータ通信を用いるウェザールーティングシステムの研究-II - 実用化に向けての改良 -, 日本航海学会論文集, No.89, pp.29-38, 1993
- (6) 高嶋恭子, 萩原秀樹, 庄司るり: ウェザールーティングによる燃料節約 - コンテナ船の航海データを用いたシミュレーション -, 日本航海学会論文集 第111号, pp.69-78, 2004.
- (7) ウェザー・ルーティング研究グループ: ウェザー・ルーティング-気象情報に基づく最適航法-, 成山堂書店, 1992

質疑応答

石田廣史 (神戸大学):

気象庁予報データが8日先分なので、東西指数を用いて残航分の気象・海象を予測して用いられているが、今後、予測精度に確率等の考えを検討され、ウェザールーティング手法の向上を期待する。

西山尚材:

気象の予測精度を考慮した航路選定は有効であることが、先行研究で確認されている。今後、予報データが不足する期間についても、この手法を取り入れていきたいと考えている。

嶋田陽一 (神戸大学):

1. 海流データは何を使用しているのか。

2. 地形データは何を使用しているのか。
3. 出発到着点はどこか。

西山尚材：

1. 過去の月別のパイロットチャートをデジタル化したデータを使用している。
2. 気象庁が発表する GPV データと GoogleMaps から作成した地形データを組み合わせて使用している。
3. 今回のシミュレーションでは、東京沖、サンフランシスコ沖の緯度経度は以下のように設定している。

東京沖 (34.524°N, 140.537°E)

サンフランシスコ沖 (37.439°N, 124.013°W)