

運航支援システム「Sea-Navi®」

Voyage Support System “Sea-Navi®”

吉田 尚史 YOSHIDA Hisafumi ジャパンマリンユナイテッド 技術研究所流体研究グループ 主査・博士(工学)
折原 秀夫 ORIHARA Hideo ジャパンマリンユナイテッド 技術研究所流体研究グループ 主査・博士(工学)
山崎 啓市 YAMASAKI Keiichi ジャパンマリンユナイテッド エンジ・ライフサイクル事業本部 ライフサイクルビジネス部
企画グループ 参与・工学博士

要旨

国際海運における温室効果ガス (Greenhouse gas : GHG) 排出の低減を目的として、運航最適化による GHG 削減の運航支援システム「Sea-Navi®」を開発した。航海時における運航最適化効果の確認を目的とした実船実証試験を実施し、荒天遭遇時には10%強のGHG削減効果があることを確認した。また、航海シミュレーションにより、「Sea-Navi®」利用によって年平均3~5%のGHG削減効果があることを示した。

Abstract:

In order to reduce greenhouse gas (GHG) emission on international shipping, voyage support system “Sea-Navi™” has been developed. For the purpose to clarify effectiveness of the reduction of GHG emission, onboard trial of the “Sea-Navi™” system has been carried out. As a result, about 10% reduction in rough sea was confirmed and about 3 to 5% reduction can be expected in an annual average.

1. はじめに

地球温暖化防止のため、現在国際的に温室効果ガス (Greenhouse gas : GHG) 排出量削減が求められているが、国際海運においても国際海事機関 (IMO) により新造船のトン・マイル当たりのCO₂排出量をインデックス化する「エネルギー効率設計指標 (EEDI)」, 既存船の効率的な運航を促す「船舶エネルギー効率管理計画 (SEEMP)」の強制化が行なわれた¹⁾。この規制の下で運航者がSEEMPを策定するためには、各船においてCO₂排出量に関わる燃料の消費量を常時計測し、また燃料消費量が少なくなるように運航の計画・実施を行なうことが求められる。

このような状況を鑑み、運航最適化によりCO₂削減の支援を目的として、ジャパンマリンユナイテッドでは、独自の運航支援システム「Sea-Navi®」を開発した。「Sea-Navi®」を搭載した船では、出航前には目的地までの省燃費 (省CO₂排出 : 燃料消費量とCO₂排出量は比例する) かつ定時性を考慮した最適航路を提示し、また航海中には日々変化する海象を考慮した最適航路の修正情報の提示が行なわれ、航海後には運航実績の即時評価が可能となり、省燃費で安全な定時運航に関する情報が提供される。

本論文では、「Sea-Navi®」の構成・機能の紹介と、実船に搭載して実施した実船試験に基づく「Sea-Navi®」利用によるCO₂削減効果の検証結果について報告する。

2. 運航支援システム「Sea-Navi®」の概要

2.1 システムの構成

「Sea-Navi®」のシステム構成を図1に示す。システムの機能は大きく二つに分けられる。

(1) 最適航路探索機能

安全かつ経済的な (省エネルギー) 運航のための最適航路を演算できる機能である。

(2) モニタリング機能

船体/機関/海気象の現況をモニタリングし、陸上に送信する機能である。モニタリングデータを元に、各航海の就航解析が即座に可能となる。

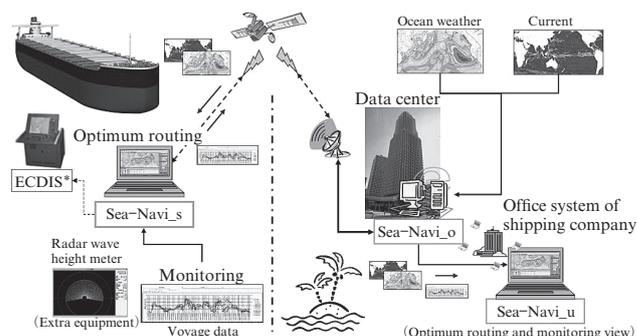


図1 「Sea-Navi®」システムの構成

Fig. 1 Configuration of “Sea-Navi™” system

2.2 最適航路探索機能

最適航路探索機能を用いると、陸上から毎日送られる最新の海気象予報データに基づく最適航路を演算することが可能になる。最適航路には、出発点から到着点までを最短時間で航海する航路（最短時間航路）、同じ到着時間で燃料消費量を最小にする航路（最小燃費航路）を計算できる。また、ユーザーが任意に航路を入力することもでき、上記の最適航路と比較、評価することが可能である。

本システムでは、個船の船体/主機関の性能データを入力しており、従来のウェザールーティング手法²⁾に比べてより高精度に船体応答（船速、馬力、燃費など）が推定できる。

また、演算された各航路上での各種パラメータ（船速、馬力、燃料消費量、船体運動、遭遇海象など）の時系列を表示・比較することが可能であり、各航路を航行した場合にどのような状況に遭遇するかを予測できるため、安全で経済的な最適航路の選択が可能になる。

2.3 モニタリング機能

モニタリング機能を用いると、船体/機関/海気象の現況を船上にて把握することが可能となる。また、モニタリングデータは船上で一次解析された後、船陸衛星通信を用いて定期的に陸上端末に送られるため、陸上においても船の状態を把握できるようになっている。さらに、モニタリングデータを蓄積・二次解析することにより、船舶の長期的な就航解析を実施することが可能である。

モニタリング機能の構成を図2に示す。本船に搭載された Voyage data recorder や機関室からの船位、船速、などのデータが収集され、定期的にネットワーク経由で「Sea-Navi[®]」システムに送る仕組みとなっている。

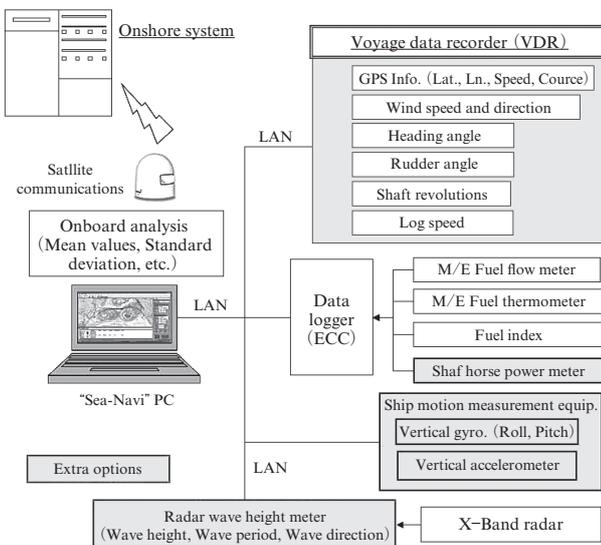


図2 モニタリング機能の構成

Fig. 2 Configuration of monitoring system

3. 実船実証試験の実施

3.1 実船実証試験の目的

「Sea-Navi[®]」の有する機能、特に最適航路探索機能の有効性を実証するため、当社建造船にシステムを搭載し、実船実証試験を実施した。

実船実証試験では、以下の項目について確認を行なった。

- (1) 従来の標準的航路と、最適航路との燃費差の確認
- (2) 最適航路上における「Sea-Navi[®]」が使用する海気象予報データの予測精度の検証
- (3) 海流利用の有効性と「Sea-Navi[®]」が使用する海流予報データの精度の検証

3.2 実船実証試験の概要

実船実証試験では、「Sea-Navi[®]」が提示する航路を航海した。「Sea-Navi[®]」を搭載した船は、ジャパンマリンユナイテッド建造（建造当時ユニバーサル造船）の鉱石運搬船で、2011年7月～2011年9月（第1航）および2011年10月～2012年1月（第2航）に、日本～ブラジル間の航路を往復する2航海において実施した。日本～ブラジルの代表的な航路を図3に示す。試験実施にあたっては、出航前ならびに航海中に1日1回最適航路探索計算を実施し、最新の海気象予報データを反映し提示される推奨最適航路（＝最小燃費航路）を航行した。なお、本船の安全が何よりも優先されることから、航路決定の最終判断は船長の判断に委ねた。

3.3 実船実証試験の結果

3.3.1 海気象予報データの精度検証

第2航のインド洋航海において遭遇した海気象（相対風速、有義波高、（相対）海流速）の計測値と、実際航路（最適航路）・参照航路上（従来の標準的航路）の予報値との比較結果を図4（西航：日本→ブラジル）、図5（東航：ブラジル→日本）にそれぞれ示す。

西航、東航いずれにおいても、遭遇海気象計測値（黒丸）と実際航路上の予報値（赤線）とはよく一致していることから、「Sea-Navi[®]」が使用している海気象予報はウェザールーティングに使用するために十分な精度を有していると考えら

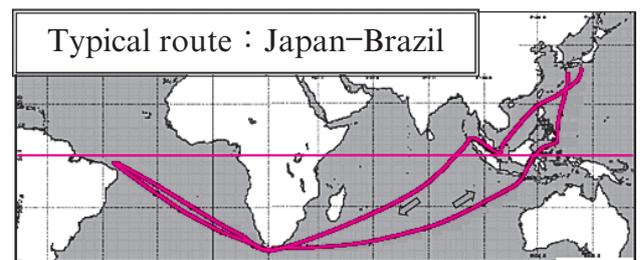


図3 日本～ブラジル航路の例

Fig. 3 Typical example of route between Japan and Brasil

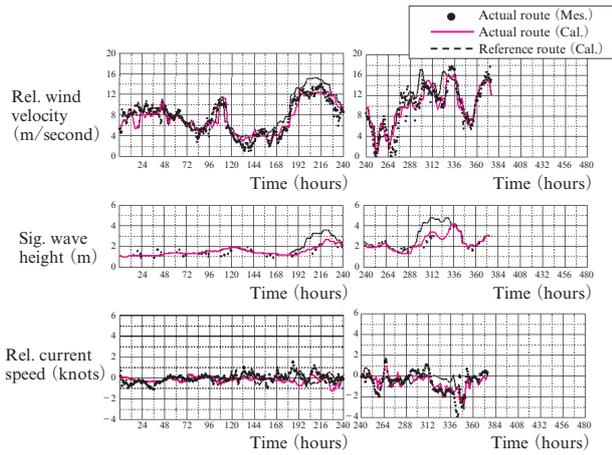


図4 遭遇海気象予報値と計測値との比較 (インド洋西航)

Fig. 4 Comparison of weather forecast and onboard monitoring data (Westbound on Indian Ocean)

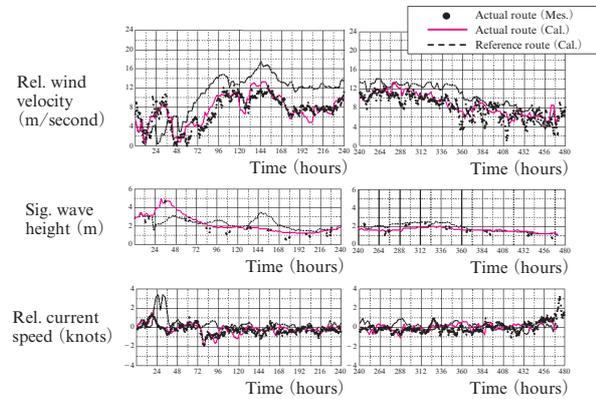


図5 遭遇海気象予報値と計測値との比較 (インド洋東航)

Fig. 5 Comparison of weather forecast and onboard monitoring data (Eastbound on Indian Ocean)

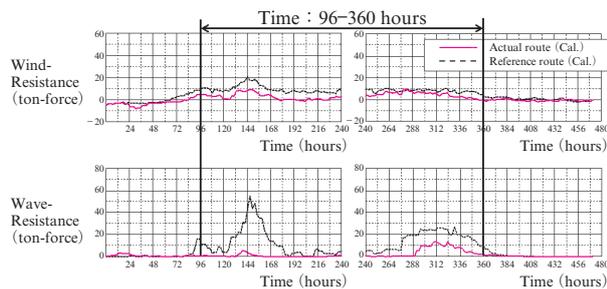


図6 航路の違いによる海気象から受ける抵抗の違い (インド洋東航)

Fig. 6 Difference of resistance caused by difference of voyage route (Eastbound on Indian Ocean)

れる。また、実際航路と参照航路とを比較すると、西航・東航ともに参照航路の方が荒天に遭遇する傾向にある。「Sea-Navi®」の最適航路探索機能が有効に働いて、荒天を回避していることがわかる。図6には、図5に示した参照航路・

表1 参照航路に対する実際航路の燃料削減効果 (インド洋航海)
Table 1 Reduction of fuel oil consumption on actual voyage route compared to reference route (Indian Ocean)

Route	Loading cond.	1st Voyage	2nd Voyage
Westbound	Ballast	-1.0%	-9.7%
Eastbound	Laden	-2.5%	-15.5%

実際航路上の遭遇海気象予報値を用いて、航海中に船に働く波・風の抵抗を計算した結果を示す。参照航路では96時間～360時間の範囲で非常に大きな波・風の抵抗を受けているが、実際航路ではその時間範囲での波・風の抵抗はそれほど大きくなっていない。海象による抵抗が小さいことは、抵抗に打ち勝って進むために主機の馬力を増加させて余分な燃料を使う必要がないことを意味するから、実際航路を航海することにより参照航路に比べて省燃費な航海ができたことがわかる。

3.3.2 燃料消費量削減効果の検証

第1航、第2航のインド洋航海における、参照航路航海に対する実際航路の燃料使用量削減効果の推定結果を表1に示す。表1より、第1航海と第2航海とで燃料削減効果に大きな差があることがわかる。これは、航海中に遭遇する海気象条件の違いが大きな要因である。すなわち、3.3.1項でも述べたように、西航・東航ともに海象が穏やかな航路を選択することにより、波・風から受ける抵抗が小さくなり、その結果、参照航路よりも燃料削減効果が大きくなったと考えられる。

4. 「Sea-Navi®」利用による燃料消費量削減効果の推定

実船実証試験により「Sea-Navi®」を利用することで燃料消費量の削減が可能であることが確認できたことから、「Sea-Navi®」を常時利用することにより1年間でどの程度の燃料消費量削減効果が期待できるかについて、シミュレーションによる検討を行なった。

シミュレーションは、実船実証試験を実施した日本～ブラジル往復航路において、4月1日から翌年3月末まで出航日時を10日ずらした36航海のシミュレーションを実施し、参照航路航海と最適航路航海との燃料消費量の差から、燃料消費量削減効果を(1)式により算出する。

$$FOC \text{ Diff} = \frac{FOC(\text{Opt.}) - FOC(\text{Log.})}{FOC(\text{Log.})} \times 100(\%) \dots\dots (1)$$

ここで、FOC(Log.)は参照航路航海時の燃料消費量、FOC(Opt.)は最適航路航海時の燃料消費量である。

シミュレーション結果を図7に示す。図中に記入している季節は北半球のものである。日本→ブラジル、ブラジル→日本両航路とも、南半球が秋から冬となり南極からの低

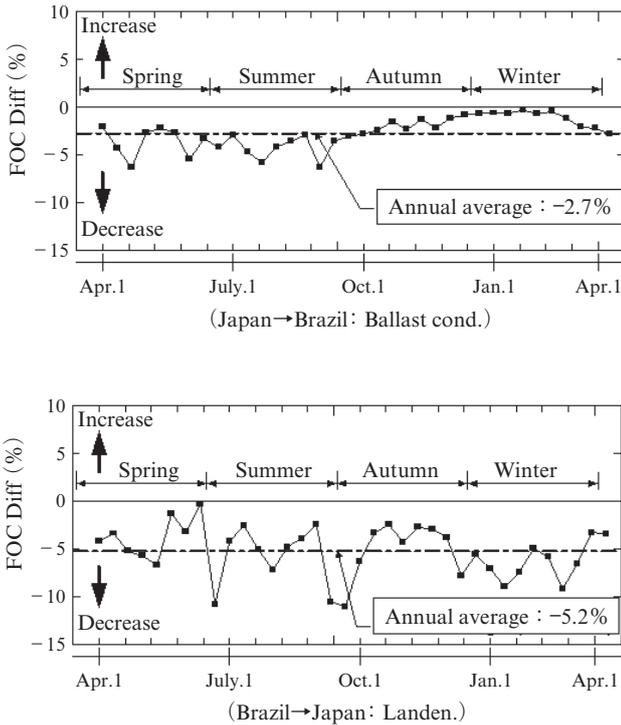


図7 「Sea-Navi®」利用による燃料消費量削減効果の推定
 Fig.7 Estimation of reduction of fuel consumption by using “Sea-NaviTM”

気圧による荒天に遭遇する4月後半から9月後半にかけて、燃料消費量削減効果が大きくなっており、「Sea-Navi®」を用いて荒天回避することにより、大きな燃料消費量の削減効果が期待できることがわかる。また、36航海のシミュレーション結果より、燃料消費量削減、すなわちCO₂削減効果の年平均は約3~5%となった。

5. おわりに

国際海運における運航最適化によるCO₂排出量の削減の支援を目的として、運航支援システム「Sea-Navi®」の開発を実施した。開発したシステムを実船に搭載して、日本~ブラジル航路の2航海において最適航路航海を実施する実船

実証試験を実施した。その結果次のことが明らかになった。
 (1) 「Sea-Navi®」が使用する海気象予報は、実海象と良い一致を示し、予報値として信頼できるものである。
 (2) 「Sea-Navi®」を使用しない従来航路を航海した場合に比べて、荒天遭遇時には約10%の燃料消費量(CO₂排出量)削減効果が期待でき、「Sea-Navi®」による運航最適化効果が検証できた。

また、日本~ブラジルでの航海シミュレーションを実施し、「Sea-Navi®」を運航最適化に使用することによる燃料消費量(CO₂排出量)削減の年平均効果が約3~5%あることを明らかにした。

今回の検証結果に基づき、「Sea-Navi®」の実船搭載・普及を進めて、運航最適化への利用を促進し、国際海運におけるCO₂排出量削減に大きく貢献するよう、さらなる研究開発を実施する予定である。

なお、本研究の一部は、国土交通省殿支援事業、一般財団法人日本海事協会殿との共同研究、および公益財団法人日本財団殿の助成事業によって実施したものである。また、実船実証試験の実施に当たり、川崎汽船株式会社殿には供試船をご提供いただいた。ここに記して関係各位に厚く御礼申し上げます。

参考文献

- 1) たとえば、上田直樹. 船舶からの温室効果ガス排出規制の動向と削減技術開発への取組み. 三菱重工技報. 2010, vol. 47, no. 1.
- 2) ウェザー・ルーティング研究グループ編著. ウェザー・ルーティングー気象情報に基づく最適航法一. 成山堂書店, 1992.



吉田 尚史



折原 秀夫



山崎 啓市