ウェザールーティングにおける 太陽光エネルギー利用に関する基礎研究

庄司 るり*・間山 聖也**・岩坂 直人*・西山 尚材***

Basic Research on the Utilization of Solar Energy for Weather Routing

Ruri SHOJI, Saiya MAYAMA, Naoto IWASAKA and Hisaki NISHIYAMA

Abstract

In maritime society, the technical development for utilizing natural energy, such as solar power or wind force, is progressing. And in order to use of solar energy safely and efficiently, it is necessary to develop weather routing technology.

In this study, we examined the possibility of weather routing for ships using solar energy. First, on several route of the ocean, we investigate the seasonal variation of a total solar power and the relation between route and solar power. And this paper proposes the modified route selecting method to increase the total solar power for solar power ship.

Keywords : *Weather Routing, Solar Power, Energy Saving, Environmental Loading Reduction, Natural Energy*

キーワード: 航路選定, 太陽光エネルギー, 省エネルギー, 環境負荷低減, 自然エネルギー

1. はじめに

燃料油価格高騰や世界海事機関(IMO: International Maritime Organization)でのCO₂排出規制導入の採択などによって、海事社会における環境、省エネルギー技術開発は近年加速している。ハード面の技術開発としては、船体形状、プロペラ形状、機関性能、船底塗料等の改良、マイクロバブル発生装置の開発、太陽光発電システムの導入、帆走商船の再考、LNG燃料等代替燃料への転換等が、構想から実用化まで様々な段階で進行している⁽¹⁾。ソフト面としては、運航情報の見える化、減速航海、海流利用、ウェザールーティング等による運航方法の工夫が行われている⁽¹⁾。

また海運数社からは、環境・省エネルギー対策の長期目標としての「コンセプトシップ」⁽²⁾⁽³⁾が発表され、太陽光や風力などの自然エネルギー、燃料電池やLNG燃料等の代替エネルギーの利用が構想とし

て盛り込まれている。自然エネルギーの利用については、東日本大震災の影響により、社会全体としてもこれまで以上に関心が高まっている。今後、商船における太陽光や風力等の自然エネルギー利用の技術開発の気運が一層高まり、同時にそれを効率よく利用するためのウェザールーティングの必要性も大きくなると予想される。ウェザールーティングにより選定される航路は、大波高域を避ける航路となることから、結果的に安全な航海も実現できる。

風力の利用については、帆装商船のウェザールーティングに関する研究⁽⁴⁾⁽⁵⁾が行われているが、太陽光を利用したウェザールーティングについての研究はこれまでに行われていない。過去に太陽光発電装置搭載船の事例はあったが、船内電源系統とは独立した電源系統として、居住区照明等に用いる程度であった⁽⁶⁾。近年では、大容量の発電装置、蓄電装置

* 正会員 東京海洋大学 (〒135-8553 東京都江東区越中島 2-1-6) rshoji@kaiyodai.ac.jp

** 学生会員 研究当時東京海洋大学大学院

*** 学生会員 東京海洋大学大学院

を含むディーゼル発電機、太陽光発電装置によるハイブリッドシステムを搭載した商船が実証実験、実用化の段階にあり、実際に運航を開始した事例も登場した⁽⁷⁾。

本研究では、太陽光を利用する商船に適した時期や海域の有無についての検討、太陽光利用のウェザールーティングの指標や手法の検討を行う。ただし、発電量を全て蓄電できる場合を前提に航海中総発電量（日射量）をより増加させる航路選定について考える。また、本研究では発電量の燃料削減量への換算は行っておらず、当該航路の経済性や必要性までは言及に至っていない。

2. 太陽光発電シミュレーションの条件

2.1 使用した気象・海象データ

日射強度データとしては、JCDAS (JMA Climate Data Assimilation System) プロダクトのカテゴリーの 2 次元物理量にある地上下向き短波放射フラックス (Downward Solar Radiation Flux at Surface、以下 DSWRF と記す) を使用した。JCDAS は、気象庁および (財) 電力中央研究所が 1979~2004 年の 26 年間について行った JRA-25 (Japanese Reanalysis 25 years) 長期再解析プロジェクトを引き継ぎ、2005 年から運用が開始され、同一システムでリアルタイムにデータの蓄積を行っている気象庁気候データ同化システムである。

DSWRF は、毎日 00、06、12、18UTC に配信されており、配信時間の前 6 時間平均値である。単位は W/m^2 、格子間隔は等緯度経度 2.5 度、格子数 144×73 である。Fig. 1 に、図の右のカラーバーの色による塗りつぶし等値線図により、2009 年 1 月 2 日 00UTC における DSWRF を示す。黒い部分は、DSWRF が小さい値であり、夜間であることを意味する。

1 時間毎の船位における発電量計算に、6 時間ごとに配信される DSWRF について時間による線型補間した値を用いると、時刻と船位により過小に計算される場合があり、特に南中を挟んだ時間帯では影響が大きくなる。そこで、1 時間毎の船位における発電量計算は、直近の配信時刻の DSWRF 値を用いて、配信時間から求めたい時間までの経過時間に対応して、その配信時刻の日射分布を東進または西進（地球自転に対応させるため）させ、船位に対して空間的に補間して使用している。

風・波のデータは、気象庁の全球数値予報モデル GPV (Grid Point Value) データを、海流のデータは、英国気象庁が作成した全球の月平均値を使用した。水深データは、ユネスコ・政府間海洋学委員会 (IOC :

Intergovernmental Oceanographic Organization) と国際水路機関 (IHO: International Hydrographic Organization) が共同で作成している大洋水深総図 (GEBCO: General Bathymetric Chart of the Ocean) を使用した。ウェザールーティング (Weather Routing、以下 WR と記す) シミュレーションでは、可航水域を水深 40m 以深とし、水深が 40m より浅い場合は航行できないものとする⁽⁸⁾。

Fig.1 Distribution of Downward Solar Radiation Flux at Surface (2nd Jan. 2009 00UTC)

2.2 船速の推定と最適航路選定手法

WR シミュレーションでは、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. 85mLoa、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とログブックから得られた航海データを解析して求めた船速推定法を使用している⁽⁹⁾。

また最適航路選定手法として、等時間曲線法を使用している⁽¹⁰⁾。

2.3 発電計算方法

本研究における発電計算方法を示す。発電量計算は以下に示す (独) 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO: New Energy and Industrial Technology Development Organization) が発行した太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン (設計施工・システム編)⁽¹¹⁾に記載されている計算式をもとにする。

$$E_{PM} = K \cdot P_{AS} \cdot (H_{AM} / G_S) \quad (1)$$

$$P_{AS} = P_{MS} \cdot n \quad (2)$$

E_{PM} : 月に発電される電力量 [kWh/月]

H_{AM} : アレイ面日射量 [kWh/m²/月]

K : 総合設計係数

n : モジュール枚数

P_{MS} : 製造者の仕様書または技術資料に記載された太陽電池モジュール 1 枚あたりの標

準試験条件における出力[W]

P_{AS} : 標準太陽電池アレイ出力[W]

G_s : 標準試験条件における日射強度[kW/m²]

ここで、 G_s は 1 とする

航路上発電量計算は、航海時間 1 時間毎の船位ごとに行う。(1) 式の単位時間を以下のように月単位から 1 時間単位に変更する。

E_{pm} : 月に発電される電力量[kWh/月]

→ 1 時間に発電される電力量[kWh/h]

H_{am} : アレイ面日射量[kWh/m²/月]

→アレイ面日射量[kWh/m²/h]

2.4 発電シミュレーションにおける太陽光発電装置諸条件

Fig. 2 に、グレーの部分で想定したアレイ敷設面積の甲板上に占める割合のイメージを示す。設置方法については、陸上では年間を通じての平均日射量が最大になるような傾斜角及び方位角を設けてアレイ面を設置するという想定が必要であるが、船舶は移動体であり航行緯度帯の変化や船体動揺があるため、本研究ではアレイ面は最適な角度に制御されると想定する。また、甲板上的構造物等は考慮していない。

下記に航路上発電シミュレーションにおいて想定した太陽光発電装置の諸条件を示す。

Fig.2 Image of Laying Alley on deck

太陽光発電装置の諸条件

- ・ 想定船舶は、船速推定で使用しているコンテナ船 (L=247.85m、B=32.22m) とし、 $L \times B$ は 7985.7 m² となる。
- ・ $L \times B$ の 80% を甲板面積とし、その 60% をアレイ敷設面積 (3833 m²) とする。
- ・ モジュールとして、あるメーカーの住宅用モジュール (公称最大出力 230W、変換効率約 18%、パネル面積 1.28m²) を用いる。
- ・ モジュール枚数は、想定敷設面積をパネル面積で除して求め、2988 枚となる。
- ・ アレイ出力 (P_{AS}) は、モジュール枚数と 1 枚あたりのモジュール出力より、687.24kW となる。
- ・ 総合設計係数 K を、0.7 とする。

ここで総合設計係数とは、システムの基本構成による日射量年変動補正係数、経時変化補正係数、アレイ負荷整合補正係数、アレイ回路補正係数、パワーコンディショナ実行効率等の各補正係数と温度補正係数の積であり、0.7 の値が使用される場合が多いことから、本研究でも 0.7 を採用する。

想定したシステムは大規模であるが、それによる配線ロス等を見積もっていないこと等の仮定より、航路上シミュレーションで求められる総発電量は、実際より大きな値として求められることとなる。

3. 航路上発電シミュレーション

3.1 各海域代表航路

2009 年の 1 年間について、1 月 1 日から 5 日毎の 12UTC を出航日時として、下記の①から⑧に示す各大洋の代表的な 8 航路上において太陽光発電量を計算する。8 航路では、最短時間航路 (Minimum Time Route、以下 MTR と記す)、最小燃料消費航路 (Minimum Fuel Route、以下 MFR と記す)、大圏航路 (Great Circle Route、以下 GCR と記す)、ラムライン航路 (Rhumb Line Route、以下 RLR と記す) の各種航法について計算を行う。但し、地形の制限により GCR や RLR の計算が行えない場合は省略したため、対象とした航路は 26 本となる。下記の () 内に、計算を行った航法を示す。8 航路について、例として 2009 年 2 月 1 日出航の MTR、MFR、GCR および RLR を Fig. 3 に示す。図中の○囲い数字で下記の航路番号を、矢印で航行方向を示す。Fig. 3 より、MTR、MFR、GCR および RLR は、それぞれ形状が異なる場合があることがわかる。

各大洋の代表 8 航路

- ① サンフランシスコ→東京 (西航 : MTR、MFR、GCR、RLR)
- ② ビショップロック→ハッテラス岬 (西航 : MTR、MFR、GCR、RLR)
- ③ パナマ→東京 (西航 : MTR、MFR、RLR)
- ④ マラッカ海峡→アデン湾 (西航 : MTR、MFR)
- ⑤ 東京→ブリスベン (南航 : MTR、MFR)
- ⑥ ブリスベン→パナマ (東航 : MTR、MFR、GCR、RLR)
- ⑦ リオデジャネイロ→喜望峰 (東航 : MTR、MFR、GCR、RLR)
- ⑧ 喜望峰→マラッカ海峡 (東航 : MTR、MFR、GCR)

Fig.3 Typical Routes departing on 1st Feb. 2009

MTR および MFR は、気象・海象の影響を受けるため、海域により出港日の違いによる航路形状のばらつきが異なる。Fig. 4 は、2009 年 2 月の MTR 航路形状のばらつきを示す。(A) はばらつきが大きいパナマ-東京の西航を、(B) はばらつきが小さい東京-ブリスベンの南航の例である。図中の矢印で、航行方向を示す。

Fig.4 All MTRs Departing on Every 5-Days in 2009
(A) MTRs from Panama to Tokyo (Westbound)
(B) MTRs from Tokyo to Brisbane (Southbound)

Fig. 5 の上図は、左から 2009 年 1 月 1 日、4 月 1 日、7 月 30 日、10 月 28 日の日射分布で、下図のグラフは、Fig. 3 に示す① (サンフランシスコ→東京) の航路の各種航法における出港日ごとの航路上総発電量である。Fig. 5 の日射分布は、1 月 1 日と 10 月 28 日は 30° S 付近、4 月 1 日と 7 月 30 日は赤道付近、を中心として南北に日射分布が広がっている。このことから高日射の緯度帯は地球の公転運動に伴って南北に移動しており、①の航路上の発電量に季節的変動として影響していることがわかる。また Fig. 5 のグラフより、季節的変動とは別に、出港日ごとおよび航法ごとに総発電量が変化していることも分かる。全体的には、他の航法の航路より南方を航行する RLR における総発電量が高くなる場合が多く、特に 1 月から 2 月および 11 月から 12 月は RLR とその他の航法の間で総発電量の差が大きくなっている。しかし 4 月から 6 月は、MFR における日射量が最大となることが多くなり、8 月および 11 月は MFR と RLR

における日射量が同じ程度になっている。

Fig.5 Total Solar Power along Route of Every 5-days
(Westbound of San Francisco - Tokyo)

各航路では、航海距離や航海時間が異なるため、1 時間あたりの発電量で比較を行う。北半球の航路(①、②、③)の例として②、南半球の航路(⑥、⑦、⑧)の例として⑦、主として低緯度を航行する航路(④、⑤)の例として⑤の航路における 1 時間あたりの発電量を Fig. 6 に示す。Fig. 6 の横軸は、出航日である。主として低緯度帯を航行する⑤における発電量を基準とすると、Fig. 3 における、北半球の航路の②(①、③も同様)では、4~8 月にかけての発電量が⑤の航路以上の高い水準となる。

Fig.6 Example of Yearly Transition of Solar Power on Typical Routes (②, ⑤, ⑦)

南半球の航路の⑦(⑥、⑧も同様)では、1月から3月および9月～12月にかけての発電量が⑤の航路以上の高い水準となる。このように年間を通じて、発電量には、季節的変動が見られる。しかし、低緯度を主に航行する航路⑤(④も同様)は、年間を通じて季節的変動が見られず、ほぼ一定の水準の発電量が見込める。

以上の結果は、太陽光発電装置搭載船投入の際に、効果的な海域の選定、発電量の季節変動を考慮した投入航路の季節別変更の検討や効率的運用等に資するといえる。今回のシミュレーションでは、夏季は北半球の①、②、③の航路、冬季は南半球の⑥、⑦、⑧の航路への投入が効果的であり、航路④を含む中東、欧州航路や航路⑤を含む豪州航路への投入は年間を通じて効果的と言える。

3.2 2009年1年間5日毎の出航日における全MTR

北太平洋の夏季と冬季のそれぞれ1カ月間について、航路を複数設定し、それら航路の航路形状、日射強度分布と発電量の関係を調査する。対象航路はサンフランシスコ～東京間(西航)で、対象期間は2009年2月1日～28日と同年8月1日～31日の2カ月とした。また設定した複数の航路として、最短時間航路候補航路(以下MTR候補航路と記す)群を採用した。MTR候補航路とは、Fig. 7に示す最終等時間曲線に到達する航路群である。MTR候補航路群は、海域全体をカバーしており、さらに最終等時間曲線到達までの各航海時間は等しく、すなわち発電量(日射量)の積算時間も等しいということになる。

Fig. 7の左図は、2009年2月1日12UTC出航における全MTR候補航路で、図中の航路上の色の濃淡で日射強度を示している。日射強度は、 $0\text{W}/\text{m}^2 \sim 1000\text{W}/\text{m}^2$ の範囲でカラーバーの濃淡に従う。南のMTR候補航路ほど最終等時間曲線到達時までの合計発電量が大きくなる場合が多い。

Fig. 7の左図の様に、対象海域に広い荒天域(図中にAで示す)が存在することにより、MTR候補航路が大きく南北に分かれることがある。このような場合の荒天域の北側および南側の航路群を、北方航路群および南方航路群と呼ぶこととする。この両航路群では航路上の日射強度分布は大きく異なっているが、これは航行する緯度帯の差の影響と考えられる。北方航路群は比較の日射強度が小さく、2009年2月の前半は、同様の傾向であった。

顕著な荒天域が存在しない場合は全体的になだらかな航路群となるが、8月1日12UTC出航のFig. 7

の右図のように、局部的な荒天域により若干でも航路が分かれる場合が多くなっている。図中のa、b、cについては、3.3で述べる。

Fig. 7 Candidate MTRs and Spatial Distribution of Solar Radiation (San Francisco → Tokyo)

3.3 航海時間と総発電量の関係

ここでは、MTR候補航路の目的地までの航海時間と総発電量について検討を行う。MTR候補航路の総発電量は、航海時間が長い南方の航路でも、航海時間の短い北方の航路より小さくなる場合がある。例として、Fig. 7右図の太い実線で示すa、b、cの航路を比較する。a、b、cの3本のMTR候補航路において、cの航路はaやbより航海時間は長くなるが、曇天となる海域を航行することから、aやbより総発電量が少ない結果となっている。

2009年8月の毎日を出航日として、全てのMTR候補航路について、目的地までの航海時間と総発電量を求める。つまり、毎日のMTR候補航路の本数分の総発電量が求められる。この[毎日のMTR候補航路の本数×31日]本の航路における総発電量を、航海時間で分類する。航海時間を212時間から1時間ごとに区切り、各1時間の範囲に含まれるMTR候補航路の総発電量について、その平均と標準偏差を求める。Fig. 8(A)に、1時間の範囲内(以下、航海時間帯と記す)に含まれるMTR候補航路の総発電量の平均値を・で、標準偏差を縦線で示す。航海時間帯が大きくなれば発電量積算時間が伸びるため、総発電量の平均も増加する傾向にある。しかし図より、総発電量の増加率は、最も小さい航海時間帯より約10%程度増しまでで大きくなっていることがわかる。

航路上の荒天や曇天の影響等のため、航海時間が長くなっても各航海時間帯における総発電量の平均値は、隣り合う時間帯より減少する場合もあるが、Fig. 8(A)に見るとおりステップ状に増加する傾向にある。ステップ状の増加は、3.2で述べたように、荒天域の存在により航路が南北に分かれる場合の北側の航路と南側の航路での総発電量の違いが現れていると考えられる。荒天域の存在で航路が分かれた場合、航海時間の差は小さいが、航行する海域が離

れるため、航路上の天候や緯度帯による日射量の差が大きくなり、総発電量の違いを生じることになる。

このように、荒天域が顕著に現れ、MTR 候補航路群が北方航路群と南方航路群に分かれて航行緯度帯に大きな差ができる場合は、南方航路群の中で最も高緯度の航路を採用することにより、効果的な総発電量の増加が期待できる。

2月 は 8月より荒天の程度が大きく、特に2月の前半は、等時間曲線が1本増えてMTR 候補航路の航海時間が24時間以上長くなる場合がある。Fig. 8(A)と同様に、航海時間1時間ごとの範囲における総発電量の平均値と標準偏差をFig. 8(B)に示す。等時間曲線が1本多い2月前半(1日~14日)の結果を点線で、2月後半(2日、3日、15日~28日)を実線で示す。2月についても8月と同様に、最も小さい航海時間帯より約10%程度までの延長時間で発電量の増加率が比較的大きくなっている。

(A) 1st - 31st Aug. 2009

(B) 1st - 28th Feb. 2009

Fig.8 Mean value and Standard Deviation of Total Solar Power versus Passage Time (Aug. 2009)

3.4 許容航海時間内の MTR 候補航路群と総発電量との関係

北太平洋冬季において西航する場合、できる限り MTR からの航海時間の延長量を減らし、かつ総発電量を増加させるためには、設定した許容航海時間を満足する航路を選定する方法が現実的な方法であるとする。Fig. 8 に示したように、総発電量は最初のステップの部分で増加率の伸びが見込まれ、航海時間に対して総発電量の増加率が大きくなるのは、航海時間の延長量が10%程度までである。

Fig. 9 上図は、許容航海時間を MTR の航海時間の10%増しの航海時間とし、これを満足する航路群(MTR 候補航路のうち、MTR の航海時間の10%増しの航海時間で目的地に到達する航路)を示した例である。Fig. 9 下図に、上図の航路群について、横軸を航海時間、縦軸を総発電量とし、航海時間が小さい順に総発電量を示す。この例の場合、南方航路群の最北航路の航海時間は、MTR の航海時間と1時間程度の差でしかないのに、発電量は約3,500kWh も大きくなっている。また、Fig. 9 の下図より、北方航路より航海時間の小さい南方航路が存在することがわかるが、そのような南方航路では総発電量が大きくなっている。

航路選定によって、航海時間は MTR の航海時間の約1~2時間(1%以下)増し程度で、総発電量は MTR の約10%~50%程度増加させることが可能な場合がある。このような航路は、運航スケジュールに余裕がある場合は、採用できる可能性があると言える。さらに、太陽光発電装置搭載船については、航海時間の延長量を考慮した運航スケジュールとすることでより効率的な運航ができる可能性がある。

Fig.9 Candidate Routes for MTR and Total Solar Power

4. 等時間曲線法を応用した航路上発電量最大化法の検討

4.1 等時間曲線法の改良

3. で示した許容航海時間を設けるという考え方に基づき、ある一定の許容航海時間内に目的地に到着するという条件を満たすように、針路を制御し航路上総発電量を増加させる航路選定法を検討する。

Fig. 10 に示すように、通常の等時間曲線法では、あるサブセクター内において出発点からの最大大圏距離を有する到着点 A が選ばれる。ここでは、到達点 A を基準とし、基準点からある一定の許容距離内に到達する他の出発点からの到着点のうち、ここまでの最大積算発電量を有する到達点 B を、そのサブセクター内の到達点とする。その他の点は、B より発電量が小さいか、許容距離外となる。これをステージ毎に順次繰り返し、許容航海時間内の最大発電量航路 (Maximum Photovoltaic Generation Route、以下 MPVGR と記す) を選定する。

Fig.10 Isochrone Method using Acceptable Distance

Fig. 11 は、2009 年 2 月 1 日 12UTC について、左図に MTR、右図に許容距離を 2mile にした場合の MPVGR 示す。両図より、許容距離の設定が航路の形状に影響を与えることがわかる。

Fig.11 MTR and MPVGR (AD=2mile)

4.2 航路上発電量最大化シミュレーション

2009 年 2 月の各出航日において、各種航法による航路と、様々な許容距離 (Acceptable Distance、以後 AD と記す) を設定した場合における MPVGR を比較する。なお、MFR 以外は、プロペラ回転数は 73rpm とした。

Fig. 12 に、横軸を出航日とし、上図は MTR の航海

時間からの増分[%]、下図は MTR の総発電量からの増分[%]を示す。各出航日を通じて、AD を大きくするとそれに応じて航海時間が大きくなる。また、ほとんどの場合の総発電量は、MTR より MPVGR のほうが大きくなっている。

Table 1 に、各種航法における航海時間と総発電量の増分の平均を示す。表より、航海時間の増分の平均が 2.7% 以内で、総発電量の増分の平均が 9% 以上となる MPVGR 航路の選定ができていることがわかる。

許容距離の設定により、航海時間の増分より発電量の増分を有利にすることが可能であり、これらを調整することで、より効果的な航路選定の可能性があると見える。

Fig.12 Ratio of Passage Time and Solar Power increments versus MTR

Table 1 Mean of Ratio Increment

	Mean of Passage Time Ratio Increment	Mean of Solar Power Ratio Increment
GCR	3.77 %	10.67 %
RLR	3.96 %	35.79 %
MFR	9.94 %	11.83 %
MPVGR AD=2mile	0.65 %	8.97 %
MPVGR AD=10mile	1.08 %	10.20 %
MPVGR AD=24mile	1.70 %	10.33 %
MPVGR AD=44mile	2.72 %	12.58 %

5. まとめ

本研究では、太陽光を利用する商船に適した時期や海域の有無についての検討、太陽光利用のウェザールーティングの指標や手法の検討を行った。

各海域に代表航路についての航路上総太陽光発電量シミュレーションより、季節変動を考慮して、北半球では夏季に、南半球では冬季に、主として低緯度帯を航行する航路では年間を通じて、太陽光発電装置搭載船投入が有利になることが示唆された。

太陽光を利用する商船のWRにおいて、指標として航海時間、燃料消費量、総発電量等の中でどれを重視するか、またはそれらのバランスを取る等、戦略的にWRを考える必要がある。今回は、北太平洋において日射強度分布と航路上総発電量の関係を調査した結果、MTRの航海時間の10%増しまでの許容航海時間の設定や、荒天域が顕著でMTR候補航路群が北方と南方に分かれる場合に南方航路群の中で最も高緯度のMTR候補航路の選定により、総発電量の増分が多い航路選ぶことができることが分かった。

さらに、ステージ毎の許容距離を条件として等時間曲線法の改良を行い、その条件内で航路上総発電量を増加させる航路選定手法を提案し、航海時間の増分より、総発電量の増分を大きくする航路を選定できることを確認した。

これらにより、太陽光発電装置搭載船投入の航路と時期を計画できること、運航スケジュールに余裕がある場合、それに応じた許容航海時間内においてより多くの太陽光を利用できる航路選定ができること等から、太陽光エネルギーの利用において有効なWRを行うことができると考えられる。

今回は、総発電量の燃料削減量への換算は行っていないため、このWRの経済性や必要性までは言及に至っていない。WRにより得られた総発電量増加量によるエネルギー削減率の把握が次の課題である。

謝辞

本研究は、東京海洋大学における「低炭素社会を実現するための極小エネルギー輸送体系の構築」

(H23～25年度概算要求プロジェクト)の助成を受けたものである。

また、気象データについては、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) 日本船舶技術研究協会: 国際海運における温室

効果ガス (GHG) 削減に向けた総合戦略, 2009年5月.

- (2) 日本郵船株式会社: NTK スーパーエコシップ,
<http://www.nyk.com/csr/envi/ecoship/>
- (3) 株式会社 商船三井: 船舶維新,
<http://www.mol.co.jp/ishin/carcarrrier/index.html>
- (4) 萩原秀樹: 帆装商船のウェザールーティング-- 日本航海学会誌航海, 第93号, pp.38-45, 1987.
- (5) 次世代の帆装商船 辻本勝, 上野道雄, 藤田裕, 廣岡秀昭: 次世代型帆装船用ウェザールーティングシステムの開発とその評価, 関西造船協会論文集, 242号, pp. 25-36, 2004.
- (6) 日産自動車株式会社: 日産自動車、「省エネ型自動車運搬船」を導入,
http://www.nissan-global.com/JP/NEWS/2012/_STORY/120130-01-j.html, 2012年1月
- (7) 船舶維新—未来への鍵は歴史に—
<http://www.mol.co.jp/csr-j/environment/ishin/index.html>
- (8) 西山尚材, 庄司り, 大津皓平, メサウィ ブラヒム: ウェザールーティングによる大洋航路の検討, 日本航海学会論文集, No.125, pp153-164, 2011.
- (9) 高嶋恭子, 萩原秀樹, 庄司り: 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, No.111, pp69-78, 2004.
- (10) 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.
- (11) 独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 新エネルギー技術開発部: 太陽光発電フィールドテスト事業に関するガイドライン (設計施工・システム編), 2010

質疑応答

天井 治 ((独)電子航法研究所):

発電した電気は、全て船上で有効利用できるのでしょうか? そうでないとしたら、利用できる発電量を基準にして考えるべきだと思います。

庄司り:

現在の運用においては、船内の生活電力の一部に使用されており、まだ動力として使用の段階に至っていませんし、商船の太陽光利用の技術は未だ発展段階と考えます。そこで今

回は、発電により得られた電力が全て使用されるとした場合の可能性について検討しました。

林 美鶴（神戸大学）：

①横軸が時間、縦軸が発電量のグラフについて、見方がわかりにくかったので、ご説明下さい。

②航海時間の伸び率と発電量の増加率を定量的に示されましたが、両者をどのように対比、比較するのでしょうか？

庄司るり：

①本論の Fig.9 のグラフの様に、横軸に航海時間、縦軸に発電量とすることで、航海時間がわずかな時間差であるにもかかわらず、発電量が大きく異なる航路の存在を示すものです。

②一概に比較できませんが、定時性を重視する場合は航海時間の伸び率の小さな航路を選定する必要があり、運航スケジュールに余裕がある場合は発電量のより大きな航路を選択できることを示しました。