

二国間交流事業 共同研究報告書

令和6年4月12日

独立行政法人日本学術振興会理事長 殿

[日本側代表者所属機関・部局]
神戸大学・大学院海事科学研究科
[職・氏名]
教授・笹 健児
[課題番号]
JPJSBP 120219923

1. 事業名 相手国: クロアチア (振興会対応機関: OP) との共同研究

2. 研究課題名

(和文) 二国間交流による海のビッグデータを活用した GHG 排出削減および最適運航の高度化

(英文) Development of Reducing GHG Emission and Optimal Ship Routing with Marine Big Data
as Bilateral Collaboration3. 共同研究実施期間 2021 年 4 月 1 日 ~ 2024 年 3 月 31 日 (3 年 0 ヶ月)【延長前】 2021 年 4 月 1 日 ~ 2023 年 3 月 31 日 (2 年 0 ヶ月)

4. 相手国側代表者(所属機関名・職名・氏名【全て英文】)

University of Rijeka, Faculty of Engineering, Professor Jasna Prpić-Oršić

5. 委託費総額(返還額を除く)

本事業により執行した委託費総額	3,699,300 円
内訳	
1年度目執行経費	1,860,100 円
2年度目執行経費	1,839,200 円
3年度目執行経費	円

6. 共同研究実施期間を通じた参加者数(代表者を含む)

日本側参加者等	8 名
相手国側参加者等	5 名

* 参加者リスト(様式 B1(1))に表示される合計数を転記してください(途中で不参加となった方も含め、全ての期間で参加した通算の参加者数となります)。

7. 派遣・受入実績

	派遣		受入
	相手国	第三国	
1年度目	0	0	0 (0)
2年度目	2	0	0 (0)
3年度目	3	1	1 (0)

* 派遣・受入実績(様式 B1(3))に表示される合計数を転記してください。

派遣:委託費を使用した日本側参加者等の相手国及び相手国以外への渡航実績(延べ人数)。

受入:相手国側参加者等の来日実績(延べ人数)。カッコ内は委託費で滞在費等を負担した内数。

8. 研究交流の概要・成果等

(1)研究交流概要(全期間を通じた研究交流の目的・実施状況)

海上輸送中において、波浪、風、流れなど海上気象は複雑かつ予測困難であり、予期せぬ荒天による船舶への危険性や速力低下による輸送遅延、エンジンの負荷増大による燃料消費量や GHG (Green House Gas, CO₂) 排出の増大といった問題点を有する。研究代表者・笹は国際航海に従事する複数の貨物船を対象に船舶が遭遇する気象条件(風、波)や船の揺れ、位置、速力、方位、エンジン回転数、出力などの変動に関し、「海のビッグデータ」を構築してきた。同時にこれらの数値シミュレーションも相手国側代表者・Prpić-Oršić(リエカ大学・クロアチア)らと協力関係をもとに開発を進めてきた。本事業では日本とクロアチアの研究者が交流し、気象の不確実さに起因するエンジン出力の変化を正確に予測した上で GHG 排出削減を高精度に評価可能とする点を加味した新しい最適運航モデルを構築・提案する。共同研究は3カ年にわたって以下の4点を実施した。

項目(1) 非定常時系列としての統計分析(主に日本で実施:笹、前田)

項目(2) 荒天時におけるうねりの発達・伝播特性の分析(両国で実施、笹、Prpić-Oršić、正垣、Lee)

項目(3) アジア～北米西岸における大型コンテナ船の実船実験システムの設計

(相手国で実施するべく準備したが、欧州での実施は関係者の協力が得られず断念、日本で実施、笹、Prpić-Oršić)

項目(4) 気象の不確実さに関する実船実験のデータ分析

(両国で実施、笹、正垣、Lee、Prpić-Oršić、Sulovsky、Valčić)

令和3年度は1年目として項目(1)(2)(3)を中心に実施し、日本側より若手研究者を中心として2回渡航し、相手国側より1回渡航する計画としていた。しかし、コロナ禍の状況となり、海外渡航が全面的に禁止となったため、事業を1年間ほど延長し、令和5年度まで実施する計画に変更した。令和4年度の上半期にもポルトガルで開催された国際会議にて双方が交流する計画であったが、未だ渡航制限が厳しく、オンライン形式の参加とせざるを得なかった。令和4年度の後半になってようやく海外渡航が可能となったため、日本側2名にて相手国を訪問し、項目(1)(2)(3)(4)について研究交流を行った。この研究内容を双方で継続し、令和5年度の前半には日本側3名にて相手国で開催された国際会議に参加し、項目(1)(2)(3)(4)について研究交流と議論を引き続き交わした。この成果として本会議に双方で3件の研究発表も行うことができた。後半には相手国の若手研究者が1名、神戸大学を訪問し、項目(2)(4)についての勉強会、研究交流を実施した。

(2)学術的価値(本研究交流により得られた新たな知見や概念の展開等、学術的成果)

船舶による海上輸送は世界経済の根幹を支える社会基盤であり、2018年には年間の海上輸送量は100億トンを超え、2050年には150億トンに到達するであろうとの予想されている。一方、地球温暖化が進行し、環境影響が深刻な問題となる中、海上においてもGHG(Green House Gas)排出を削減すべくEEDI(Energy Efficiency Design Index)が2012年より施行され、船の設計面からの規準が設定された。またEEOI(Energy Efficiency Operational Index)も施行され、運航面からもGHG削減を達成するために燃料消費量を削減するための方法論としてウェザールーティングの研究と実用化に向けて鋭意、取り組まれている。上記の背景より、日本側の代表者・笹および相手国の代表者・Prpić-Oršićは2014年より当該内容を研究テーマとしていることから交流が始まり、今回の研究交流へと発展してきた。

海上における長期間の事象であるため、実海域の船舶に発生している状況を把握することが容易でない事情がある。この点について、数隻の外航船を対象にモニタリング装置を設置の上、数年間にわたる状況(船の揺れ、位置、方位、速力、主機関の回転数、出力、燃料消費量などの状態)の記録を継続し

てきた。対象船舶はばら積み貨物船と大型コンテナ船が 2 隻ずつの 4 隻が対象であり、太平洋、大西洋、インド洋などの主要な外洋、北半球だけでなく、南半球での荒天時におけるデータを蓄積することができ、双方で目指しているグローバルデータベースの完成に向けて進捗することができた。

得られたデータを対象に、GHG 排出削減に強く影響する荒天航海時の船速低下、船の揺れ、主機特性の変動、気象海象の不確実さと推定をテーマに分析を行ってきた。その中でもばら積み貨物船にて得られた 2013 年 6 月におけるアフリカ南端沖で発生した荒天航海時の船速低下と主機関係の相関関係について、周波数領域での相関関係としてノイズ寄与率の状況を見極め、さらに時変スペクトルの変化 (TVAR 法) にてその周波数特性が時間帯による形状変化の特徴を明らかとすることができた。気象海象の特性についても、2018 年 4 月における北太平洋の横断航海時に連続して荒天に遭遇したところの低気圧での波浪発達からうねりとして伝播しているであろう状況の再現を鋭意、行なっている。今後はこれらの作業を継続し、荒天時の船舶に生じる諸現象をさらに明確に解明したいと考えている。これによって海事社会に課せられている GHG 排出削減、2050 年にはゼロ化する「ゼロエミッション」の目標が掲げられているが、に対する知見をさらに深めることを目指している。

(3)相手国との交流(両国の研究者が協力して学術交流することによって得られた成果)

上記内容について、主機(エンジン)関係のデータや気圧、気温などを含めた気象関係のデータも詳細に記録されている 28,000 トン積みばら積み貨物船のデータを共有し、データ分析について議論を重ねつつ進めた。特に荒天中における船舶の挙動として、最初の段階は主機の回転数を落とさないよう、機関出力を上げながら航行する中、外力の上昇により船速が徐々に低下する(自然減速)現象を経て、あるタイミングで主機の回転数を意図的に減速し、エンジンの過負荷を防ぐ(意図的減速)に至ることが言われている。しかし、実際の詳細なデータがこれまでほとんど存在せず、その特性についての研究を進めてきた日本側および相手国側の研究者が貴重なデータを共有し、交流することによってその特性解明を進めることができた。これはウェザールーティングおよびゼロエミッションの研究にて非常に貴重な成果であり、二国の学術交流によって得られた意味は大きい。

(4)社会的貢献(社会の基盤となる文化の継承と発展、社会生活の質の改善、現代的諸問題の克服と解決に資する等の社会的貢献はどのようにあったか)

前述したとおり、世界経済は膨大な量の物資輸送をもとに成り立っており、その 99%は船舶による海上輸送が担っている。海上輸送の特徴として、自動車や鉄道よりも自然条件の影響を強く受ける点があり、特に波浪や強風によって船が揺れ、船速の低下やエンジンの過負荷、そして GHG 排出量の増大につながる。この点について、科学的な船舶運航(ウェザールーティング)を高度化することが研究によって海事社会に貢献できることと考えており、ここで得られた成果が船舶の燃費向上、地球温暖化の歯止めにつながることを期待される。船舶の建造および運航に関しても、これまで考慮されてきた「安全」だけでなく、「効率的」「環境に優しい」がなお一層求められることが確実であり、世界の研究者が連携して取り組むことにより諸問題の解決に近づいていくものと思われる。

(5)若手研究者養成への貢献(若手研究者養成への取組、成果)

本プロジェクトにおいて、日本側および相手国側の若手研究者も交流を行うことができた。2022 年度には日本側の若手研究者が相手国に渡航し、荒天中の船速低下と主機パラメーターとの関係分析について相手国側の研究者と議論する機会が提供できた。2023 年度には日本側の研究者 2 名が相手国で開催された国際会議 Baska GNSS Conference に参加、荒天中のうねり伝播、レーダー式波浪計による推定精度に関する内容で研究発表し、相手国側の研究者と多くの意見交換をする機会を作ることができた。これと同時に相手国側の若手研

究者とも交流する機会が生まれ、同年 11 月には相手国から若手研究者が 2 週間にわたって神戸大学に滞在し、28,000 トン級ばら積み貨物船の計測データより、気圧、気温を加えたデータ分析についての勉強会を実施することができた。この成果として、現在、国際ジャーナルである Ocean Engineering への論文投稿を予定している論文が間もなく完成し、次年度早々には投稿する予定である。また相手国側の若手研究者も次年度には論文を作成、投稿することになっており、双方に意義のある交流ができたと考える。

(6)将来発展可能性(本事業を実施したことにより、今後どのような発展の可能性が認められるか)

前述したとおり、本事業の実施により、ゼロエミッションの達成が 2050 年にかけて求められる海事社会に対し、荒天中の船速低下と主機関係のパラメーターの周波数レベルでの相関関係を明らかとできた。今後は馬力のより大きな大型船(現在実施中の大型コンテナ船や自動車専用船など)についても荒天時の船速低下について、特性を分析し、今回のばら積み貨物船との違いも明確にしていきたい。これにより船種、船型ごとの特性を把握し、安全性の向上に加え、燃費節減、ゼロエミッションへの貢献に資する研究の発展が見込まれる。

(7)その他(上記(2)～(6)以外に得られた成果があれば記載してください)

例:大学間協定の締結、他事業への展開、受賞など

相手国のリエカ大学と神戸大学は双方が海事関係の学部を持っており、すでに両大学は学術交流の協定を締結している。この中で交流を研究者レベルで深めており、また相手国代表者・Prpić-Oršić は 2023 年に Croatian Science Foundation より REBUSS というプロジェクト名にて研究助成が採択となっており、代表者・笹も研究分担者として参画している。