＜年次報告書＞
第 1 年度（2025 年度）
日 ASEAN 科学技術・イノベーション協働連携事業（NEXUS）
日本－シンガポール「AI」研究領域

研究課題名（和文）	国際海運脱炭素化のための AI：船舶運航統合モデルの開発
研究課題名（英文）	AI for Maritime Decarbonisation: Integrating Emerging Technologies to Vessel Navigation and Control
研究期間	2025 年 4 月 1 日～2027 年 3 月 31 日

氏名	所属 部署　役職
花岡 伸也	東京科学大学 環境・社会理工学院　教授

1. 研究進捗状況と成果

研究テーマ 1「グリーン＆デジタル海運回廊の航行経路の特定と情報抽出フレームワークの構築」の一環で、船舶自動識別システム（Automatic Identification System）データ（AIS データ）の 2021 年 1 年間のデータを用いて、シンガポール－日本間およびシンガポール－オーストラリア間のグリーン・デジタル海運回廊を対象に、一般貨物船（コンテナ船、バルク船）とタンカーの海運ネットワークを構築した。さらに、ネットワークの連結性(K)、中心性(BC, CC)、頑健性等に関する特性を分析し、回廊間・船種間で比較を行った。分析の結果、すべてのネットワークはシンガポールを中心とするハブ支配型かつスモールワールド型の構造を有していることが明らかとなった。一方で、船種や海運回廊別の構造的差異も確認された。一般貨物船ネットワークは、より高密度なマルチハブ構造と強い地域的クラスタリングを示し、とりわけシンガポール－日本間の海運回廊では、中国、台湾および日本の港湾が高度に相互接続されたサブネットワークを形成していた。これに対し、タンカーネットワークは特定航路への集中度が高く、限られた長距離直行リンクへの依存が大きく、韓国の港湾が重要な中継港として機能していることも確認できた。頑健性分析の結果、タンカーネットワークは重要ノードに対する意図的攻撃（封鎖等）に対して比較的高い耐性を維持することが示された。また、シンガポール－オーストラリア間の回廊は、総じてシンガポール－日本間の回廊よりも高い頑健性を有していた。

また、研究テーマ 2「船舶の燃料消費予測モデルの開発と検証」の一環で、環境負荷低減効果の高いデュアルフューエル機関を搭載した船舶を対象として、両海運回廊沿線におけるグリーン燃料供給施設の最適配置問題を定式化し、LNG バンカリング拠点の最適立地を検討した。解法として、AI の一手法であるグラフ畳み込みネットワークに基づく強化学習（GCN-RL）および貪欲探索法を適用した結果、両手法とも有効に機能することが確認された。GCN-RL モデルでは、ネットワーク中心性を含む 8 つの特徴量を統合し、配置戦略を直接学習した。モデルの訓練には、全体の LNG 航行カバー率を報酬関数とする自己学習を採用し、方策損失とエントロピー正則化によって解の質と探索のバランスを制御している点に優位性がある。ネットワーク構造を考慮した配置戦略は、ネットワーク指標のみに基づく代替手法と比較して、より高い LNG 供給カバレッジを達成することが示された。これらの研究成果は、2026 年度に開催される 2 つの国際会議（International Association of Maritime Economists, World Conference on Transport Research Society）にて、発表予定である。

2025 年度は、シンガポールの南洋理工大学において、7 月 24 日に研究代表者のラン・ヤン助教の研究グループと共にキックオフミーティングを開催した。また、花岡が 2010 年から共同主催しているアジア物流研究会（第 46 回）を 12 月 15 日に東京科学大学で開催し、「グリーン・デジタル海運回廊」をテーマとしたワークショップを、来日したラン・ヤン助教の研究グループと共同で実施した。さらに、東京科学大学のリュウ・ヤン研究員が、7 月 20 日から 8 月 18 日までの 4 週間、南洋理工大学に滞在し、ディープニューラルネットワークを燃料消費予測モデルに応用する技術や AIS データが有する特徴を考慮したデータ処理方法等を修得した。