

令和 3 年 6 月 15 日現在

機関番号：82627

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2017～2020

課題番号：17K01284

研究課題名（和文）アジア諸国を中心とした国際輸送のデータベースとモデルの開発

研究課題名（英文）Development of database and models for international transportation in Asia

研究代表者

小坂 浩之（KOSAKA, Hiroyuki）

国立研究開発法人海上・港湾・航空技術研究所・その他部局等・研究員

研究者番号：90349225

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000円

研究成果の概要（和文）：本研究の主な成果は、貿易統計を高精度するための輸送コストの推計、詳細な船舶動静データによる船舶積載貨物量推計、シミュレーションモデルによる国際海運政策の評価である。国際貨物の移動を捉えた貿易統計データと、国際船舶の移動を捉えた船舶動静データの特徴を把握し、データの精度改善やデータの統合利用に関するデータ解析を実施し、国際貨物のデータベースやモデルを作成するための知見を得ている。

研究成果の学術的意義や社会的意義

貿易統計に基づく輸送コストの推計では、データの精度の問題等によって困難であることが指摘されているが、一定の条件下では可能であることを示した。貿易統計と船舶動静のデータを統合して利用することで、詳細な国際貨物流動を把握することを可能とした。社会的に重大な課題である国際海運のCO2排出量の推計と政策シミュレーションを実施し、CO2排出量削減に関する評価を行った。

研究成果の概要（英文）：The main results of this research are the estimation of transportation costs to improve the accuracy of trade statistics, the estimation of shipment size of vessels based on ship movement data, and the evaluation of international shipping policies using simulation models. We indicated characteristics of trade statistics and ship movement data, which capture the movement of international cargo and international vessels respectively, and we conducted data analysis regarding the improvement of data accuracy and the integrated use of data to obtain knowledge for creating a database and model development for international cargo.

研究分野：物流

キーワード：国際輸送 貿易統計

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

国際輸送の急速な拡大により、海上、航空、陸上等の各輸送機関において、更なる生産性向上と環境負荷削減が求められている。アジア諸国では、国際輸送データの利用制約が強く、各輸送機関を一定基準で捉えた実態解明と、輸送体系を包括的に検討するためのモデル作成が困難である。国際輸送の実態解明やモデル作成を行うために、国際的な貨物や輸送機関の移動を捉えたデータとその特性把握が必要である。

### 2. 研究の目的

本研究は、アジア諸国を中心とした国際輸送のデータベースとモデルの開発を行う。データベース開発では、国際標準化が優れた貿易統計を基礎データとして、国際貨物流動量と国際輸送コストの推計を行う。モデル開発では、特に国際海上輸送に着目して、CO2 排出量を推計し政策分析を行うためのシミュレーションを実施する。

### 3. 研究の方法

本研究では、貿易統計の特性把握、貿易統計と産業連関表を連結するための換算係数作成、貨物需要予測や輸送機関分担等の輸送モデル作成について、利用可能な貿易統計データと船舶の動静データを収集し、データ解析を実施した。

### 4. 研究成果

本研究の主な成果として、以下の(1)貿易統計を高精度するための輸送コストの推計、(2)詳細な船舶動静データによる船舶積載貨物量推計、(3)シミュレーションモデルによる国際海運政策の評価、を述べる。

#### (1) 貿易統計を高精度するための輸送コストの推計

国際輸送コストの把握は、国際物流の政策課題のモデル分析や企業のマーケティング分析の際、重要な課題の一つとなる。国際輸送コストの把握方法として、貿易統計を利用する方法が存在する。本研究の国際輸送コストは、貿易統計の輸入価額の記録で使用する CIF (Cost, Insurance and Freight) 価額と、輸出価額の記録で使用する FOB (Free on Board) 価額の差と定義している。そのため、CIF 価額と FOB 価額の比率である CIF / FOB 比率は、輸送コストの実態を示すことや輸送コストの決定要因を示すことを可能にする。一般的には、輸入価額は、ある国が輸入に関して記録する貿易統計データであり、輸出価額は、その相手国が輸出に関して記録する貿易統計データである。その輸入データと輸出データは、異なる国で記録され、CIF 価額と FOB 価額の相違のみでは説明できない差が生じる。例えば、輸出データの FOB 価額が、輸入データの CIF 価額よりも大きい場合や一致する場合、また、どちらか一方のデータが欠落する場合も存在する。この特性は、貿易統計の不整合問題と呼ばれる。そして、不整合問題の影響によって、貿易統計を利用した国際輸送コストの推計は、FOB 価額が CIF 価額より大きいことによる推計不可、推計値における異常値の発生や大きなばらつき等、困難が伴う。一方、貿易統計では、世界各国を対象にして、多種多様な商品貿易を標準的なコードでデータベース化することが進められていることから、貿易統計から国際輸送コストを検討することの有用性は高い。また、貿易統計から適切に国際輸送コストを推計することで、貿易統計の修正が可能となり、高精度な貿易統計の獲得に繋がる。

以上の認識から、本研究は、国連の標準的な貿易統計を使用して、国際海上バルク輸送を対象に、不整合問題を調整した CIF / FOB 比率を算出し、国際輸送コストの決定要因の分析を行った。図 1 は、CIF / FOB 比率が、貿易統計の数量データによる調整によって、ばらつきが減少することを示している。また、国際海上輸送コストの決定要因と調整 CIF / FOB 比率の回帰分析により、国際輸送コストの決定要因として、こ

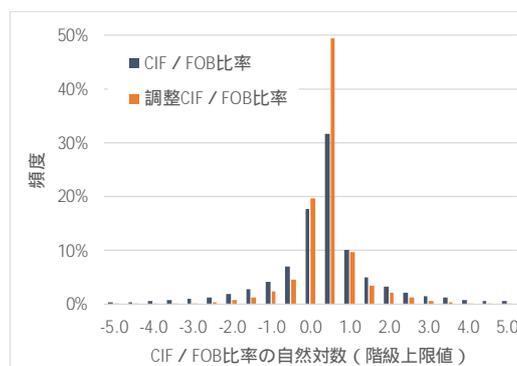


図 1 CIF / FOB 比率と調整 CIF / FOB 比率の頻度分布

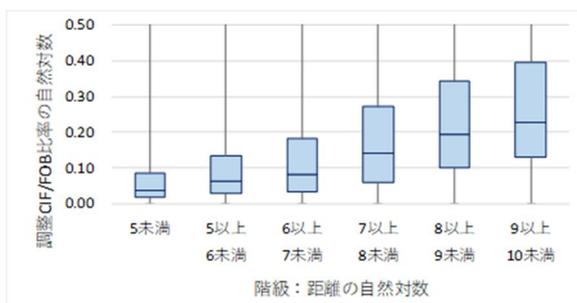


図 2 調整 CIF / FOB 比率の箱ひげ図 (階級: 距離)

れまでの研究で指摘された輸送距離、GDP、貿易単価等に加えて、新たに港湾インフラ等も影響することを示した。本研究の CIF / FOB 比率の分析は、今後の貿易統計の高精度化にも資すると考えられる。

## (2) 詳細な船舶動静データによる船舶の積載貨物量推計

国際海上輸送のデータ利活用によって、海運・造船業、政府、国際機関等の活動における効率化や高度化の必要性が高まっている。海運・造船業では、様々なデータを利用して、付加価値の創出やコスト削減を進めるための経営計画やマーケティング戦略を作成してきたが、近年は、ビッグデータを活用することで、それらの取組みを向上させることに期待が集まっている。船舶の航海データに関しては、船舶自動識別装置(Automatic Identification System, AIS)からの AIS データが広範囲で収集されるようになり、民間企業のマーケティングや国際機関の環境問題の検討においても、AIS データを使用する事例が増えつつある。本研究は、AIS データの利用方法の 1 つであり、詳細な貨物の移動を把握するための船舶積載貨物量の推計において、ディープラーニング(以降、DL と称する)を適用し、その方法の妥当性を検討した。また、異なる種類のデータを使用し、推計値の修正を行うことを意図し、マトリックスバランシングの手法の適用可能性を検討した。

船舶積載貨物量の推計では、DL に加えて、変数の異なる 3 つの線形回帰モデルを検討した。各モデルに関して、実績値と推計値の平均二乗誤差(Mean Squared Error, MSE)による評価結果を図 3 に示す。DL は、線形回帰モデルに比べて 20%程度、平均二乗誤差が小さいことから、DL による積載貨物量推計の有効性を示した。また、AIS データで入手可能な喫水を使用することで、実績値と推計値の一致度が高まる結果を得ている。

船舶積載貨物量の推計が一定の条件下で可能であることから、本研究では、マトリックスバランシングによって推計値を修正することを検討した。マトリックスバランシングは、マトリックスの各行、各列の総和が既知である時に、マトリックスの要素を総和と一致するように調整する方法であり、人口分析、交通計画、経済学等の分野で、IPF 法、Frater 法、RAS 法等の名称で研究が進められている。船舶積載貨物量の推計値に関して、貿易統計等の他の集計値と調整することで、推計精度を向上させることが期待できる。本研究は、実績値のマトリックスの各総和に一致する様に、推計値のマトリックスの要素を修正した。この際、マトリックスバランシングの 1 つの手法である RAS 法のアルゴリズムにより、修正の実施を行った。図 4 は、DL のみによるマトリックスと、RAS 法により修正したマトリックスの要素に関して、平均二乗誤差を算出した結果を示している。RAS 法によって、平均二乗誤差が 10 分の 1 に減少していることから、DL の実施後に RAS 法を適用することで、推計値と実績値の相違が小さくなり、推計精度が大きく改善することがわかる。以上の船舶積載貨物量の推計により、貨物と船舶の移動が関連付けて分析することが可能であり、マトリックスバランシングにより、推計値は、貿易統計と整合させることが可能である。

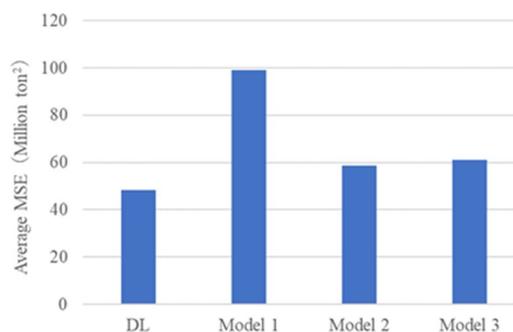


図 3 各モデルの平均二乗誤差

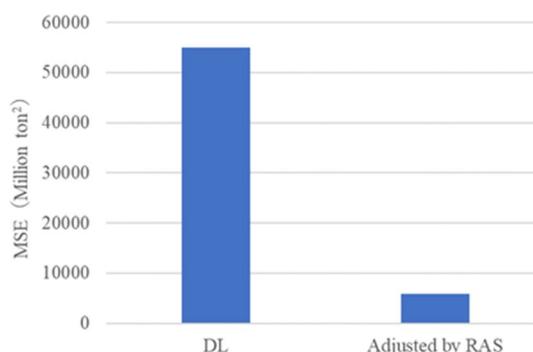


図 4 RAS 法による推計値の平均二乗誤差の改善

## (3) シミュレーションモデルによる国際海運政策の評価

本研究は、国際海事機関(International Maritime Organization: IMO)による 3rd IMO GHG Study の結果等を入力データとして、詳細な政策評価を可能とするために造船需要予測モデルを組み込んだシミュレーションモデルを作成した。このモデルでは、建造年別の船舶数を予測し、建造年別に船舶の燃費性能や航行速度を設定することで、国際海運の新造船燃費規制や減速航行の影響による CO<sub>2</sub> 排出量の削減量等が算定可能である。

本研究では、コンテナ船を対象にした CO<sub>2</sub> 排出シミュレーションにより、2030 年までの燃費効率達成目標の検討を行った。図 5 は、コンテナ船のサイズ別の造船需要予測モデルにより、Business As Usual(BAU)ケースとして CO<sub>2</sub> 排出量の予測を行った結果であり、コンテナ船全体の CO<sub>2</sub> 排出量を示している。CO<sub>2</sub> 排出量削減のシナリオを検討するため、新造船燃費規制のフェ

ーズ毎に CO2 排出量の予測を行っている。本研究の BAU ケースでは、コンテナ船の CO2 排出量が 2030 年に 4 億 4,000 万トンとなる。コンテナ船の CO2 排出量は、2008 年に比べて、2 倍程度の値となる。シナリオにおいて、コンテナ輸送需要は、2008 年から 2030 年に 4 倍程度に増加することに対して、CO2 排出量の増加が 2 倍程度であることは、コンテナ船の大型化により燃費向上が想定されていることが影響している。次に、新造船燃費規制と減速航行を行うケースに関して、CO2 排出量のシミュレーションを実施した。この結果から、2030 年の燃費効率を達成するためには、2018 年を対象にした船速推計値に対して、追加の減速が必要であることを示している。本研究は、貨物の推計に関してアジア諸国を対象にしていることから、詳細な貨物の移動と関連付けたシミュレーションを実施していないが、世界全体の貿易統計の詳細分析を進めることで、結果の拡張が可能である。

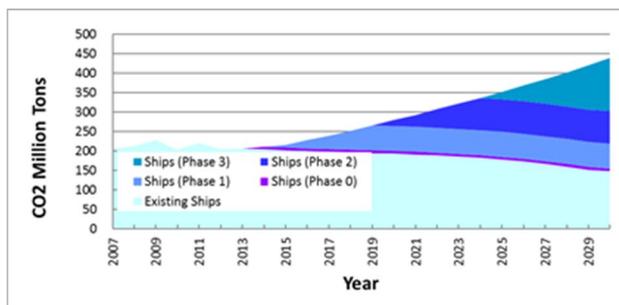


図5 コンテナ船の CO2 排出量 (BAU ケース)

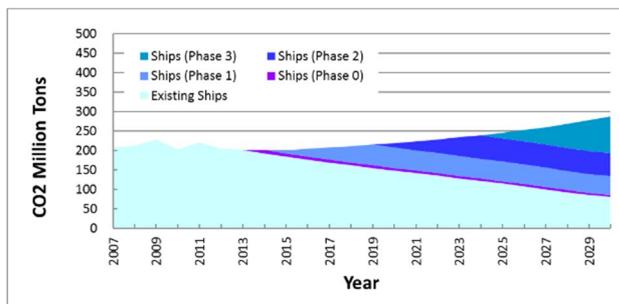


図6 コンテナ船の CO2 排出量 (ケース)

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計4件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 2件）

1. 発表者名 Hiroyuki KOSAKA, Takenori TEZUKA, Taro ARATANI
2. 発表標題 Estimation Method to Determine Shipment Size of 1 Iron Ore Trade in Maritime Transport
3. 学会等名 The 14th International Conference of Eastern Asia Society for Transportation Studies (EASTS) (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 小坂浩之、手塚峻典
2. 発表標題 機械学習による国際輸送の複合データを用いた港湾間貨物量の推定
3. 学会等名 日本物流学会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小坂浩之、鹿島茂
2. 発表標題 貿易統計CIF / FOB比率による国際海上バルク輸送のコスト分析
3. 学会等名 日本物流学会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Hiroyuki KOSAKA, Shigeru KASHIMA
2. 発表標題 Estimating International Freight Flows and Transport Costs Based on Trade Statistics
3. 学会等名 Annual Conference of International Association of Maritime Economists (IAME) (国際学会)
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担者	鹿島 茂  (KASHIMA Shigeru)  (70108207)	中央大学・理工学部・教授   (32641)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携 研究者	杉田 浩  (SUGITA Hiroshi)  (70419050)	一般財団法人計量計画研究所・その他部局等・シニアフェ ロー  (82652)	
連携 研究者	布施 正暁  (FUSE Masaaki)  (70415743)	広島大学・工学研究院・准教授  (15401)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------