

令和 5 年 6 月 12 日現在

機関番号：32638

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2020～2022

課題番号：20K22129

研究課題名（和文）世界の海上コンテナ輸送市場における予測モデルの構築

研究課題名（英文）Forecasting model for the global marine container transportation market

研究代表者

松田 琢磨（Matsuda, Takuma）

拓殖大学・商学部・教授

研究者番号：40882535

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,200,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、(1)主要航路のコンテナ輸送量と、それに影響すると考えられる9つの経済指標にベクトル自己回帰（VAR）モデルを適用した分析、(2)主要航路の運賃指標に関する機械学習モデルと時系列モデルの予測性能を比較した。前者では輸出国側の経済状況がコンテナ輸送動向に与える影響の持続性を検証できた。後者ではコンテナ輸送市場の環境の違いが、運賃予測モデルの精度に影響を与えていることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

(1)の結果は、経済指標がコンテナ輸送に与える影響の持続性を初めて示しており、海運や貿易などのビジネスに携わる人々が経済指標の変化に基づいて適切な意思決定を行うための貴重な情報となると考えられる。たとえば、海運業者による船舶の配船や荷主の運賃交渉などに有用であると考えられる。この結果を参考に輸出国のメーカーや輸入国の荷主も生産量や発注量・在庫量を適切に調整できる。(2)の研究は、コンテナ運賃に関する予測精度の向上に貢献しており、コンテナ船市場の運賃動向の実務者による理解や意思決定の合理性を高めることに貢献すると考えられる。また、運賃デリバティブへの投資に対する示唆も得られると考えられる。

研究成果の概要（英文）： In this study, we (1) applied a vector autoregressive (VAR) model to container transport volumes on major shipping routes and nine economic indicators thought to affect them, and (2) compared the forecasting performance of a machine learning model and a time series model for freight rate indicators on major shipping routes. In the former case, we verified the persistence of the impact of economic conditions on container transport trends in exporting countries. The latter showed that differences in the container transportation market environment affect the accuracy of the freight rate forecasting model.

研究分野：海運，国際物流

キーワード：コンテナ 国際物流

1. 研究開始当初の背景

近年ではコンテナ船市況の予測自体が複雑性を増している。ただし、海運市場がどのようなメカニズムで変動するか、どのような要因が合理・不合理を含め関係しているのかについては、これまでの分析は途上である一方、複雑さを増す傾向にある。

2. 研究の目的

この研究の第一の目的は、近年における、AIS などの船舶動静データをはじめとするビッグデータの精度向上を踏まえつつ、これまで多く用いられてきたデータや時系列分析の手法に加え、機械学習などのより新しい手法を用いて、実務者がコンパクトに使える、コンテナ輸送の荷動きや運賃を予測できるモデルを構築することにある。第二の目的はこのことを通じて、世界各地で実行される国際物流施策が相互にどのような影響を及ぼしあうか、将来的な各地域における国際物流環境がどのように変化するかを分析することにある。

3. 研究方法

(1) 荷動きに関する VAR モデル

主要航路のコンテナ輸送需要のモデル化には、経済指標が用いられているが、その指標がコンテナ移動需要に及ぼす影響の持続時間については、体系的に検討されていない。この研究ギャップを埋めるために、本研究では、コンテナ移動量に大きく影響する重要な米国経済指標を特定し、影響する期間を実証的に明らかにする。そのために、アジア・米国間のコンテナ輸送量と経済指標の時系列データについて、ベクトル自己回帰 (VAR) モデルを適用して研究する。本研究では、コンテナ輸送量 (a) と、それに影響すると考えられる (b) 為替レート、(c) 景気先行指標総合指数、(d) 消費者信頼感指数、(e) 非農業部門雇用者数、(f) 失業率、(g) 製造業景気指数、(h) 建築許可件数、(i) 鉱工業生産指数、(j) ダウ・ジョーンズ工業株価平均の 9 つの経済指標について検討した。

(2) 機械学習ベースのコンテナ運賃予測と時系列ベースの予測の比較

(2) では、上海航運交易所が収集している上海コンテナ運賃指数 (SCFI) のデータを研究対象とする。同交易所は、上海港から出発する 13 航路について、上海からの輸出運賃、より具体的にはコンテナヤード間のスポット運賃 (CIF: Cost, Insurance and Freight) を集めている。

また、(2) では SCFI を予測するため深層学習の一つである長短期記憶 (LSTM) 法と時系列モデルである季節自己回帰統合移動平均 (SARIMA) 法を比較している。深層学習は、人工ニューラルネットワーク (ANN) に関する機械学習のサブフィールドである。最も人気のある深層学習アルゴリズムには、畳み込みニューラルネットワーク (CNN)、再帰型ニューラルネットワーク (Recurrent Neural Network; RNN)、スタックオートエンコーダ (SAE) などが存在する。(2) の分析で用いる LSTM (Long Short Term Memory) は、RNN を改良し

たもので、時系列データの解析によく用いられている。

さらに SCFI を研究対象に選んだ理由として、以下 2 つを挙げることができる。第一に、SCFI が世界のコンテナ貿易のうち、少なくない部分をカバーしている運賃指標であることである。また、SCFI は、最新の市場動向と供給と需要のバランスを反映するスポット市場を対象としており、一週間に一度と比較的高い頻度の典型的時系列データであり、分析に必要なデータへのアクセスがしやすい点も利点である。

第二に、これまで、コンテナ運賃を予測するためのモデルの適用が比較的限られていたことにある。時系列データの複雑性、不規則性、ランダム性、非線形性が高いため、従来の計量モデルでは満足のいく予測精度を得ることができない。とくにディープラーニングアルゴリズムを適用したコンテナ運賃の予測に関する研究はほとんど行われていない。

4. 研究成果

(1) 荷動きに関する VAR モデル

(1)では、ベクトル自己回帰 (VAR) モデルを用いて、東アジア積米国揚コンテナ荷動き量に対する経済指標の持続性について考察を行い、予測に役立てる。VAR モデルでは、被説明変数である t 期のコンテナ荷動き量について、説明変数である $t-k$ 期における経済指標の影響を把握することができる。また、経済指標の荷動き量に対する持続性については、VAR モデルを用いたインパルス反応関数で特定することができる。分析の結果は以下の図 1 に示されている。

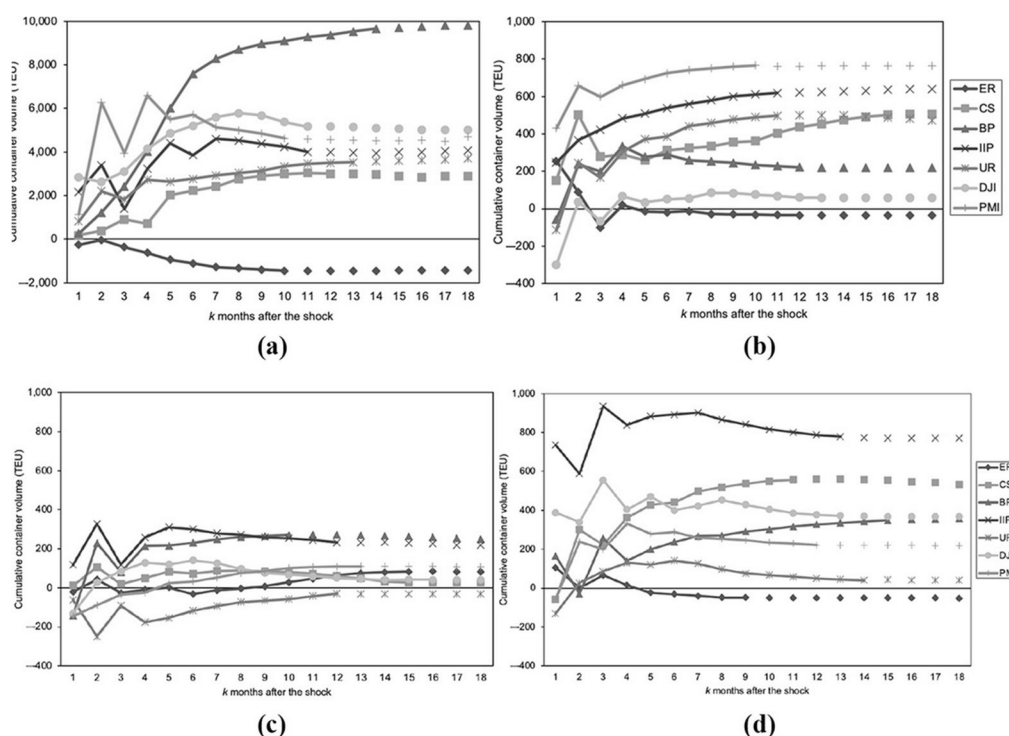


図 1：経済指標の変化による、中国(a)、韓国(b)、台湾(c)および日本(d)発米国向けコンテナ

輸送に与える影響

分析の結果、中国から輸出される貨物では、住宅関連製品の割合が高いため、建築許可件数の影響が大きく、その影響は14ヶ月と中国出荷の中では最も長い期間続くものであった。機械関連の輸送量が多い韓国と日本からの輸出については、両国の鉱工業生産指数と韓国のPMIが大きな影響を及ぼした。台湾からの輸出については、概して経済指標の影響が他国より小さかった。

これらの結果は、経済指標がコンテナ輸送に与える影響の持続性を明らかにする初めての試みとなり、船舶の配船、メーカーの事業計画、運賃交渉など海運関連ビジネスにとってとくに貴重な情報となる。船会社にとっては、船舶の配船や投資ポートフォリオの方向性を示すために役立てることができる。たとえば、急な配船調整は難しくとも、(1)の結果を踏まえて、経済指標の変化による影響の持続性を前提にした適切な配船やスペースチャーターが可能である。輸出国のメーカーや輸入国の荷主も、経済指標の変化に応じて生産量を変更するための適切な意思決定を行うことができる。

ただし、本研究にはいくつかの限界がある。実際のコンテナ貨物輸送量は海運セクターによるサービス供給によって制約を受ける可能性があるためである。今後の課題として、配船計画(時期、隻数など)の意思決定モデルの開発が考えられる。また、収束条件には明確な基準がないため、本研究では、前月の荷動きの相対誤差を0.01未満とする誤差基準に基づいて収束条件を設定した。しかし、誤差基準の設定方法によって、収束値や持続性が異なるため、さらなる検討が必要である。また、(1)では、東アジアと米国間のコンテナ輸送に焦点を当てたため、異なる地域(東アジアやヨーロッパなど)、さらに研究を拡張することができるだろう。

(2)機械学習ベースのコンテナ運賃予測と時系列ベースの予測の比較

(2)では、包括的かつルートベースの上海コンテナ貨物指数(SCFI)を予測するために、LSTMとSARIMAモデルを比較している。13航路を貨物輸送量で加重平均したSCFI総合指数の予測結果は図2(a)と図2(b)で示されている。一方で、ほとんどの航路において研究結果によると、ほとんどのデータセットでLSTMがSARIMAモデルの予測性能を上回った。とくに、南米向け航路と米国東海岸向け航路の指標でLSTMはSARIMAに比べて予測誤差を85%も削減した。一方で、西日本向け航路や東日本向け航路では、SARIMAモデルの方がLSTMよりも予測性能が優れている。

この点は、以下のように考察できる。長距離航路は、輸送距離が長いことから比較的競争度合いが小さい。そのため、これらの航路では、多くの貨物が長期固定運賃で輸送され、残りの貨物がスポット運賃で輸送されている。このことは、長期的な要因と短期的な要因の2つが、運賃市場の指標に影響を及ぼしていることを示している。LSTMは、年単位のような長期的な季節性と、週単位のような短期的な市況の両方のパターンを捉えることができる特徴を持っている。このことが、LSTMがSARIMAよりも長距離航路の予測に優れている

る理由になっていると考えられる。また、長距離航路の方が、航海に時間がかかる特性もあり、様々な要因の影響を受けやすい。そのため、長距離航路では長期記憶と短期記憶を併せ持つ深層学習ベースのアルゴリズムが適していると考えられる。

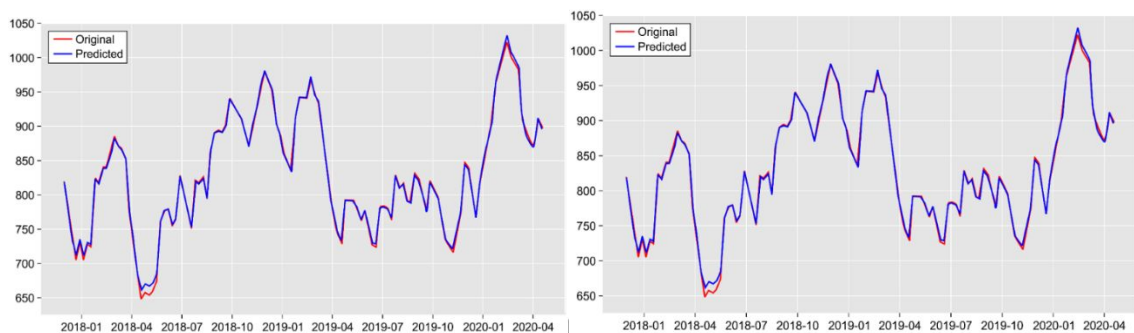


図 2(a) SARIMA モデルによる予測

図 2(b) LSTM による予測

一方で近距離航路では韓国行航路では LSTM を用いた場合の改善の度合いが小さく、西日本向け航路や東日本向け航路では、SARIMA モデルの方が LSTM よりも予測性能が優れている。短距離航路の場合、参加する船会社数が比較的多く、その中に比較的小規模な船会社もある。例えば、2018 年現在、日本と中国を結ぶ航路には少なくとも 40 社、中国と韓国を結ぶ航路には少なくとも 24 社が存在している。さらに、すべての航路で中国の国有船会社が重要な地位を占めている。そのため、無利益で輸送することもあり、最も基本となる運賃のベースレートが 0USD を下回ることも知られている。このような市場環境の違いが、SARIMA と LSTM の予測精度に影響を与えていると考えられる。

(2)の研究は、3つの主要な貢献をもたらした。第一に、予測精度を向上させるという点で、洞察をもたらす知見を明らかにした点である。第二に、対応するコンテナ船市場の運賃動向の理解に役立ち、海運部門における意思決定の合理性を高める点で有用性がある。第三に、運賃先渡契約やその他のリスクヘッジのための運賃デリバティブへの将来の投資に対する示唆を与えている点を挙げる点ができる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計7件（うち査読付論文 7件/うち国際共著 1件/うちオープンアクセス 6件）

1. 著者名 Tomoya Kawasaki, Takuma Matsuda, Yui Yip Joseph Lau and Xiaowen Fu	4. 巻 ahead-of-print
2. 論文標題 The Durability of Economic Indicators in Container Shipping Demand: A Case Study of East Asia-US Container Transport	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Maritime Business Review	6. 最初と最後の頁 ahead-of-print
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1108/MABR-12-2020-0075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 該当する

1. 著者名 Enna Hirata and Takuma Matsuda	4. 巻 ahead-of-print
2. 論文標題 Uncover the Impact of COVID-19 on Shipping and Logistics	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Maritime Business Review	6. 最初と最後の頁 ahead-of-print
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1108/MABR-03-2021-0018	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Takuma Matsuda, Enna Hirata and Tomoya Kawasaki	4. 巻 ahead-of-print
2. 論文標題 Monopoly in Container Shipping Market: An Econometric Approach	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Maritime Business Review	6. 最初と最後の頁 ahead-of-print
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1108/MABR-12-2020-0071	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Enna Hirata and Takuma Matsuda	4. 巻 10(5)
2. 論文標題 Forecasting Shanghai Container Freight Index: A Deep-Learning-Based Model Experiment	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 593
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/jmse10050593	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

1. 著者名 Tomohiro Saito, Ryuichi Shibasaki, Shinsuke Murakami, Kenmei Tsubota and Takuma Matsuda	4. 巻 10(5)
2. 論文標題 Global Maritime Container Shipping Networks 1969-1981: Emergence of Container Shipping and Reopening of the Suez Canal	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Journal of Marine Science and Engineering	6. 最初と最後の頁 602
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/jmse10050602	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Hirata Enna, Matsuda Takuma	4. 巻 9
2. 論文標題 Examining logistics developments in post-pandemic Japan through sentiment analysis of Twitter data	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Asian Transport Studies	6. 最初と最後の頁 100110 ~ 100110
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.eastsj.2023.100110	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 渡邊壽大, 川崎智也, 松田琢磨	4. 巻 28
2. 論文標題 地方コンテナ港のインセンティブ助成の実証分析	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本物流学会誌	6. 最初と最後の頁 141 ~ 148
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計7件(うち招待講演 1件/うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Takuma Matsuda and Enna Hirata
2. 発表標題 Clustering Phases for Container Freight Market: An approach based on Hidden Markov model
3. 学会等名 International Association of Maritime Economists 2021 Conference (国際学会)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 松田琢磨, 平田燕奈, 川崎智也
2. 発表標題 コンテナ市場における独占度の検証
3. 学会等名 日本海運経済学会第54回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松田琢磨
2. 発表標題 最近の国際海上コンテナ輸送の状況
3. 学会等名 日本物流学会関東部会 (招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 平田燕奈, 松田琢磨
2. 発表標題 コロナ禍がもたらす物流への影響に関する一考察 - 自然言語処理の観点から
3. 学会等名 日本海運経済学会第54回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Enna Hirata and Takuma Matsuda
2. 発表標題 A comparison of traditional and machine learning-based models in predicting Shanghai Containerized Freight Index
3. 学会等名 The Asian Logistics Round Table (ALRT) 2020 Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 akuma Matsuda, Enna Hirata and Tomoya Kawasaki
2. 発表標題 Has the Container Shipping Market been Monopolized?
3. 学会等名 T-log 2020 Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Enna Hirata and Takuma Matsuda
2. 発表標題 A discussion on how covid-19 impacts shipping and logistics: Insights from web mining
3. 学会等名 T-log 2020 Conference (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計3件

1. 著者名 松田琢磨	4. 発行年 2020年
2. 出版社 成山堂書店	5. 総ページ数 15
3. 書名 PORT 2030 と輸出貨物の重要性	

1. 著者名 平田 燕奈、松田 琢磨、渡部 大輔	4. 発行年 2022年
2. 出版社 晃洋書房	5. 総ページ数 228
3. 書名 新国際物流論 基礎からDXまで	

1. 著者名 松田 琢磨	4. 発行年 2023年
2. 出版社 KADOKAWA	5. 総ページ数 288
3. 書名 コンテナから読む世界経済 経済の血液はこの「箱」が運んでいる！	

〔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
---------------------------	-----------------------	----

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
---------	---------