

令和 5 年 5 月 22 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2022

課題番号：18K04618

研究課題名（和文）折りたたみコンテナの導入がコンテナ船の運航へ与える経済的影響

研究課題名（英文）The economic impact of containership operation by applying foldable containers

研究代表者

新谷 浩一（Shintani, Koichi）

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：60290798

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、折りたたみコンテナの導入がコンテナ管理費だけでなく、船舶の燃料油費も削減できるかどうかを検証することを目的とする。最小費用多品種フロー問題としてモデル化し、複数港ネットワークにおける空コンテナの流れを最適化する。各最適解を分析し、港湾での荷役時間と航海速力を計算し、船舶の燃料油費を二次的に評価する。数値実験の結果、折りたたみコンテナの導入は、標準コンテナに比べてコンテナ管理費だけでなく、船舶の燃料油費も削減する可能性があることが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、世界的規模で貿易不均衡が拡大し、コンテナ輸送ネットワーク上の結節点で空コンテナの過不足問題を引き起こしている。その結果、空コンテナの回送のために膨大な費用を発生させている。さらに、燃料油価格が高騰し、コンテナ船の運航費用を増大させている。これら2つの問題は、コンテナ船社の経営を圧迫し、荷主にも課徴金の負担を強いている。

本研究は、折りたたみコンテナの導入が空コンテナの回送を減らすだけでなく、コンテナ船の運航費を低減させる可能性があることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：This study aims to investigate whether the utilization of foldable containers can reduce both the bunker costs of containerships and the repositioning costs of empty containers. We model a minimum-cost multi-commodity network flow problem to optimize the empty container flow in a multi-port shipping service network. As the next step, we calculate the port handling time and sailing speed for each optimal solution to determine the ship bunker costs. Based on numerical experiments, the use of foldable containers has the potential to decrease the costs associated with ship operation as well as the repositioning of empty containers.

研究分野：ロジスティクス工学

キーワード：コンテナ輸送 貿易不均衡 空コンテナ 折りたたみコンテナ 燃料油費 荷役時間

1. 研究開始当初の背景

本研究では、折りたたみコンテナ(以下、折りコンと呼ぶ)の導入が空コンテナ(以下、空コンと呼ぶ)の回送を減らすだけでなく、コンテナ船の運航費を低減できるのか?という問いを設定する。なぜなら、折りコンを使用することによって、一度に複数の空コンを荷役できるので、港での荷役時間を短縮できる見込みがあるからである。荷役時間の短縮分は、航海時間へ転換でき、減速運航に寄与する。一般に船舶の流体抵抗は、船速の2乗に比例することから、目的地までの燃料油消費量は概ね船速の2乗に比例する。例えば、8,000個積み船(20フィートコンテナ換算)であれば、24ノット(=44.5km/h)で丸1日航行すると約225トンの燃料油を消費する。これを21ノット(=38.9km/h)まで減速できた場合、その消費量は4割減の約150トンとなる。1隻でもこれだけの効果となるが、これが世界中を行き来するコンテナ船すべてに波及するならば減速効果は甚大である。これらのことより、折りコンの経済性を評価するにあたって、コンテナ船の運航費低減効果も加味する必要がある。

現在、コンテナ海運業界では2つの大きな問題に直面している(図1)。すなわち、貿易不均衡に起因する空コンの回送問題、燃料油費高騰によるコンテナ船の運航費増大である。

それらの問題は、コンテナ船社の経営を圧迫するだけでなく、荷主に対しても2種類の課徴金(サーチャージ)の負担を強いている。荷主の費用負担増は、製品の最終小売価格を押し上げることになり、世界経済へ与える影響は小さくない。もし、両問題を緩和できれば、世界経済の発展だけでなく、化石燃料枯渇、大気汚染や交通渋滞といった外部不経済の軽減にも貢献できる。

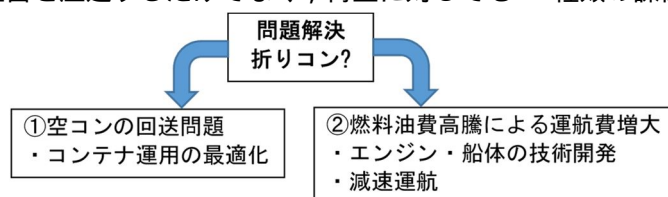


図1 コンテナ海運業界の2大問題

2. 研究の目的

本研究では、「折りたたみコンテナの導入がコンテナ船の運航に正の影響をもたらすか否か」を数理的手法により検証する。折りたたみコンテナとは、空荷のときに折りたたむことができ、それら4個を高さ方向に連結すると、元のコンテナ1個と同一寸法となるコンテナのことである。それを通常のコンテナ1個として荷役・輸送することができる。

近年、世界的規模で貿易不均衡が拡大し、コンテナ輸送ネットワーク上の結節点で空コンテナの過不足問題を引き起こしている。その結果、空コンテナの回送のために膨大な費用を発生させている。さらに、燃料油価格が高騰し、コンテナ船の運航費用を増大させている。これら2つの問題は、コンテナ船社の経営を圧迫し、荷主にも課徴金の負担を強いている。

そこで本研究では、折りたたみコンテナの導入が空コンテナの回送を減らすだけでなく、コンテナ船の運航費を低減させるかどうかを明らかにする。

3. 研究の方法

本研究では、コンテナ船の航路ネットワーク設計とコンテナ運用を包括したモデルを構築する。そのモデルによって、折りコンの使用によって、効果的なコンテナ船の運航や航路ネットワークの形状、折りコンの運用方法が明らかとなるかも知れない。折りコンの導入効果の検証のために、標準コンの使用と比較して次の3つ

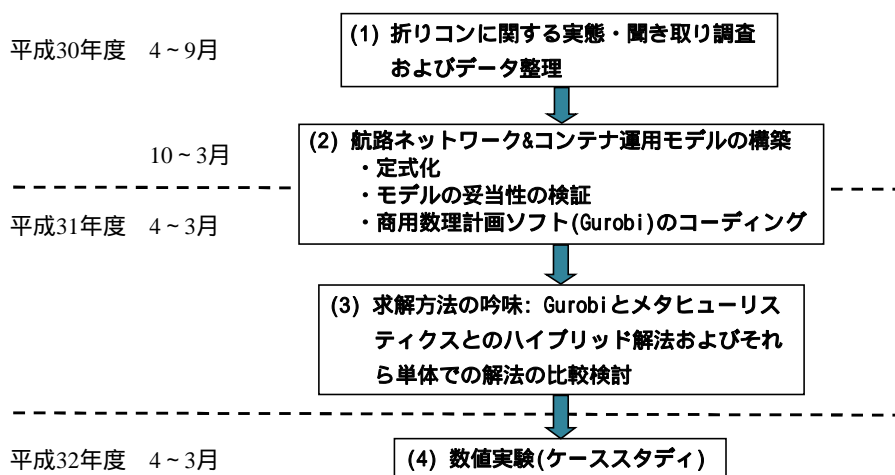


図2 研究計画の全体構想

を検討する。(i)コンテナ船の最適な航路ネットワーク形状、(ii)コンテナ船の最適な船型サイズ、(iii)最適な折りコンの運用方法である。ただし、本モデルが組み合わせ最適化問題に属す

ることから、現実的な計算時間内に厳密解を求めることは困難となると予想される。これに対しては、単体のメタヒューリスティクス、商用数理計画ソフトあるいは、それら組み合わせたハイブリッド解法の採用を検討することが求められる。以上のことを踏まえ、研究計画の全体構想を図2(当初の計画)に示す。

4. 研究成果

研究期間全体を通じて、折りコンの導入によって、コンテナ管理費とコンテナ船の燃料油費を削減できるかどうかを検証した。具体的には、多品種流問題を用いて複数港を結ぶコンテナの流れを最適化した最適化計算によりコンテナフリートのサイズ、折りコンと標準コンテナ(以下、標準コンと呼ぶ)の比率、空コンの割り当てや再配置が得られた。得られた解のうち、各港湾を通過するコンテナフローを分析し、在港時間、平均航海速力、および燃料消費量を決定した。

数値実験に基づいて、次の結論が得られた。

折りコンの使用は、航路全体で空コンの荷役時間を削減することができることがわかった。折りコンと標準コンを併用する場合、空コンの回送費用と船舶の運航費用を大幅に削減できる。つまり、折りコンの使用によって港湾での空コンの荷役時間が短縮され、この時間の節約が海上航行時間に転換され、低速運航が可能になる。したがって、折りコンを使用した短距離航路は、長距離航路と比較して船舶の燃料消費を削減する可能性がある。折りコンだけからなるフリートを使用する場合、折りコンと標準コンを併用するフリートに比べてわずかに燃料費を削減することができるが、折りコンの保有費用が大きい場合は、コンテナ管理費を大きく削減できない。折りコンの結束個数が大きいデザインは、燃料油費の減少効果が大きい。折りコンを導入すると、折りコンと標準コンを併用するフリートを使用することで、燃料油費とコンテナ管理費の両方を削減できる可能性が示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計11件（うち査読付論文 10件 / うち国際共著 2件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Etsuko Nishimura, Yilong Su	4. 巻 1
2. 論文標題 Container group size analysis on yard planning with external truck arrival	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 18-22
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 -
1. 著者名 Yilong Su, Etsuko Nishimura	4. 巻 1
2. 論文標題 Block layout design problem for marine container terminals	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of 2022 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 796-800
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 -
1. 著者名 SHINTANI Koichi, NAGAIWA Ken'ichiro	4. 巻 145
2. 論文標題 The impacts of operation method and departure-time in a multi-port pusher-berth system	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 The Journal of Japan Institute of Navigation	6. 最初と最後の頁 29-38
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9749/jin.145.29	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 -
1. 著者名 Etsuko Nishimura, Ying Sima	4. 巻 1
2. 論文標題 Redistribution problem with excess and shortage in relief supplies	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 218-222
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 -

1. 著者名 Etsuko Nishimura, Peng Pan	4. 巻 1
2. 論文標題 Yard arrangement problem with the external truck arrival	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of 2021 IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 88-92
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 -

1. 著者名 Haruki Ogawa, Akio Imai, Koichi Shintani, Etsuko Nishimura	4. 巻 1
2. 論文標題 The Effect of Geographical Factor on the Use of Combinable Containers	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Proceedings of 2020 IEEE International Conference of Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 1261-1265
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IEEM45057.2020.9309759	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 -

1. 著者名 新谷 浩一, 永岩健一郎	4. 巻 143
2. 論文標題 湾内チャトル航路におけるブッシャー・バージ輸送の運航計画	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 日本航海学会論文集	6. 最初と最後の頁 1-8
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.9749/jin.143.1	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 -

1. 著者名 Koichi Shintani, Rob Konings, Etsuko Nishimura, Akio Imai	4. 巻 22
2. 論文標題 The impact of foldable containers on the cost of empty container relocation in the hinterland of seaports	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Maritime Economics & Logistics	6. 最初と最後の頁 68-101
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1057/s41278-019-00141-7	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 該当する

1. 著者名 Koichi Shintani, Rob Konings, Akio Imai	4. 巻 130
2. 論文標題 Combinable containers: A container innovation to save container fleet and empty container repositioning costs	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review	6. 最初と最後の頁 248-272
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1016/j.tre.2019.09.004	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 該当する

1. 著者名 Nishimura E., Shintani K., Imai A.	4. 巻 1
2. 論文標題 Vehicle Dispatch Problem with Precedence Constraints for Marine Container Drayage	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Proceedings of 2018 IEEE International Conference of Industrial Engineering and Engineering Management	6. 最初と最後の頁 56-60
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/IEEM.2018.8607374	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 新谷 浩一	4. 巻 206
2. 論文標題 海上コンテナの新しい構造デザイン	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 日本航海学会誌 NAVIGATION	6. 最初と最後の頁 47~52
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18949/jinnavi.206.0_47	査読の有無 無
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8件 (うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件)

1. 発表者名 Koichi Shintani, Etsuko Nishimura, Akio Imai
2. 発表標題 The impact of foldable containers on saving containership bunker costs
3. 学会等名 20th International Logistics and Supply Chain Congress (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新谷浩一
2. 発表標題 折りたたみコンテナ導入によるコンテナ船の燃料油費低減の可能性
3. 学会等名 日本航海学会第146回講演会・研究会（物流研究会）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 新谷浩一, 永岩健一郎
2. 発表標題 プッシャー・バージの運航方式の違いによる経済性比較 - 複数港間ネットワークを対象として -
3. 学会等名 日本航海学会第144回講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Haruki Ogawa, Akio Imai, Koichi Shintani, Etsuko Nishimura
2. 発表標題 The Effect of Geographical Factor on the Use of Combinable Containers
3. 学会等名 2020 IEEE International Conference of Industrial Engineering and Engineering (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 新谷 浩一, 永岩健一郎
2. 発表標題 湾内シャトル航路におけるプッシャー・バージ輸送の運航計画
3. 学会等名 日本航海学会第142回講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Koichi Shintani, Rob Konings, Akio Imai
2. 発表標題 The container fleet sizing and management problem by using combinable containers
3. 学会等名 9th International Conference on Logistics and Maritime Systems (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 小川春樹, 今井昭夫, 新谷浩一
2. 発表標題 Twentyコンテナ利用の最適化に関する研究
3. 学会等名 日本航海学会第140回講演会・物流研究会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Nishimura E., Shintani K., Imai A.
2. 発表標題 Vehicle Dispatch Problem with Precedence Constraints for Marine Container Drayage
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference of Industrial Engineering and Engineering Management (国際学会)
4. 発表年 2018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	今井 昭夫 (Imai Akio) (40160022)	神戸大学・海事科学研究科・名誉教授 (14501)	

6. 研究組織（つづき）

	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	西村 悦子 (Nishimura Etsuko) (60311784)	神戸大学・海事科学研究科・教授 (14501)	

	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 協力者	コーニングス ロブ (Konings Rob)		

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			
オランダ	オランダ社会基盤・水管理省			
オランダ	デルフト工科大学			