

平成 30 年 5 月 15 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K01206

研究課題名(和文) 機能的ハイブリッド型海上コンテナの経済性分析

研究課題名(英文) The economic viability of the hybrid containers

研究代表者

新谷 浩一 (Shintani, Koichi)

東海大学・海洋学部・准教授

研究者番号：60290798

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ハイブリッドコンテナ(HC)が経済的な意味で「使い物になるどうか」を数理的手法により検証することが目的であった。ここでいうHCとは、本研究で仮想するコンテナのことで、折りたたみコンテナ(FC)と連結コンテナ(CC)の両方の機能を併せ持つものである。HCの経済性検証はその問題構造の複雑さにより、まずはFCとCCそれぞれ別々の数理問題に分解し、問題構造を明らかにした後に、HCの経済性を検証する必要があると判断した。数値実験の結果、FCとCCそれぞれの特性が明らかになった。今回は実現にはいたらなかったが今後、HCの経済性を一度に分析を可能とするモデルの構築が求められる。

研究成果の概要(英文)：This study examined the economic viability of the hybrid containers. The problem was separated into two container management problems, namely, foldable containers and combinable containers, due to their complicated model structure. They were formulated as a mixed integer programming model and an analytical model. This study found that, under certain conditions, foldable containers and combinable containers can significantly reduce the empty container repositioning cost and the container fleet cost, respectively. However, modeling the problem of hybrid containers remains critical to achieve real benefits in using hybrid containers.

研究分野：ロジスティクス

キーワード：海上コンテナ 空コンテナの回送 折りたたみコンテナ 連結コンテナ

## 1. 研究開始当初の背景

近年、コンテナ貨物量は世界的規模で急増している。それと同時に、地域間での貿易不均衡が拡大し、コンテナ港湾では空コンテナ(以下、空コンと呼ぶ)の過不足問題が深刻化している。文字通り、空コンは貨物の入っていない空のコンテナである。この空コン回送には、実入りコンテナの輸送と同等の経営資源が必要であるので、経済的にも環境的にもマイナス要因となる。ある報告によれば、世界中を流通するコンテナの総流動量のうち、空コンの流動量は 20%にもものぼるそうである。

空コンの回送は、コンテナ船社(以下、船社と呼ぶ)にとって、直接的に利益を生まない活動である。それにかかるコストは、船社が負担するだけでなく、荷主にとってもコンテナ運賃に付加される形で負担が強いられている。ある市況報告によると、アジア - 欧米間の貿易のうち、アジアから輸出されるコンテナの運賃は近年、輸入の 2 倍の水準を維持している。コンテナ運賃の高騰は、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大きい。もし、空コンの回送問題が緩和できれば、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。したがって、空コンの回送問題に関する知見を得ることは、世界経済の発展だけでなく地球環境の保全にとっても非常に重要な課題であるといえる。

さて、空コンの回送問題を解決困難にする要因の 1 つは、コンテナサイズの不マッチ問題である。コンテナには大別して 2 つのサイズが存在する。20ft(6m)と 40ft(12m)である。たとえ 2 港間の貿易であっても、往路と復路で流通するコンテナは数量だけでなく、サイズ分布も異なる。なぜなら、貿易貨物の密度やサイズといった特性が異なるからである。つまり、空コンの回送問題は、数量的かつ質的な問題であるといえる。

## 2. 研究の目的

本研究の目的は、ハイブリッドコンテナ(以下、ハイブリッドコンと呼ぶ)が経済的な意味で「使い物になるどうか」を数理的手法により検証することである。ハイブリッドコンテナとは、本研究で仮想するコンテナのことで、連結コンテナ(以下、連結コンと呼ぶ)と折りたたみコンテナ(以下、折りコンと呼ぶ)の両方の機能を併せ持つものである。本研究では、空コンの回送を数量的かつ質的な問題として捉え、ハイブリッドコンが両問題を同時に緩和してくれるものかどうかを議論する。

現在、連結コンと折りコンのプロトタイプがそれぞれ存在する。前者は空コンの質的問題、後者は数量的問題の軽減に資するため、それぞれ別々の企業によって開発された。連結コンは例えば、往路で輸入されて空になっ

た 20ft コンテナ 2 個を、長さ方向に連結固定し、40ft コンテナ 1 個として仕立て、復路で輸出用コンテナとして使用可能である。連結された 2 個のコンテナが接触する壁は天井に格納される構造となっている。一方、折りコンは空コン 4 個を折りたたみ、束ねると、折りたたむ前のコンテナ 1 個と同サイズとなる。これを 1 個のコンテナとして荷役、輸送や蔵置が可能である。両コンテナは現時点で試用段階であり、実用化までにはいたっていない。

本研究の根本的なアイデアは、1 個のコンテナがそれら 2 つの機能を同時に併せ持つ方がより効果的ではないか、と考えるところにある。

## 3. 研究の方法

本研究課題は、3 年間で実施される。初年度では連結コンや折りコンの構造や試用状況について調査を行い、数値実験のために地理的条件、諸々のコストおよびコンテナ流動といった入力データを整備する。さらに当該年度の途中から、その調査によって得られた知見をもとに、コンテナ運用モデルを構築する。2 年目には初年度に構築したモデルに対して、商用数理計画ソルバを用いて厳密解を求めるためのコーディングおよび小規模の数値実験も行う。その作業を通して、モデルの妥当性を検証する。当該年度の途中からメタヒューリスティック解法の実装を試みる。その作業を終えると、最終年度に本格的な数値実験を実施し、得られた研究成果をまとめる。

## 4. 研究成果

本研究課題をとおして得られた成果は次のとおりである。

初年度では、ハイブリッドコンが持つ 2 つの機能のうちの 1 つである、折りたたみ機能を持つ折りコンの運用を反映した数理モデルの定式化を行い、小規模問題を想定して数値実験を行った。さらに、ヒューリスティック解法の実装にとりかかった。また、それらの作業に平行して空コンの回送問題に関する既存研究のレビューも行い、本研究の位置づけの確認を行った。

2 年目は、初年度に引き続き折りコンの運用を反映した数理モデルの定式化の整合性・妥当性について確認をした。さらに、ヒューリスティック解法、具体的には焼きなまし法を実装した上で、大規模問題を想定した数値実験を終えた。それによって、折りたたみコンテナの経済的優位性が示唆された。さらに、もう 1 つの機能である連結機能を持つ連結コンについても、船社におけるコンテナ保有規模決定の見地から解析的モデルとして定式化し、数値実験を行った。それによって、ある一定の条件のもとに連結コンの経済的優位性が確認できた。加えて当該年度中に、折りコン(オランダ)および連結コン(ドイツ)を開発した会社へ出向き、ヒアリング

調査、情報交換および共同研究の打診を行った。それをきっかけにして両社との共同研究を始めることができた。

最終年度では、前年度に行った連結コンの経済性検証について、さらに現実問題に近い状況を想定した問題を検討し、モデルの再検討・再構築した。具体的には、2港間定期航路のコンテナ流動モデルを構築し、連結コンと在来型コンテナのコンテナ保有費用を比較して、連結コンの経済的優位性を検証した。数値実験では、2港間の40ftと20ftの両方のコンテナ貨物需要が互いに逆方向で不均衡である場合に、連結コンの導入がコンテナ保有費用に及ぼす影響を分析した。さらに2港間の片道航海日数の長短がコンテナ保有費用に与える影響についても分析した。

その結果、連結コンの導入は、ある一定の貿易不均衡の状況におけるコンテナサイズの不マッチを軽減し、それによって空コンの発生を抑えて船社のコンテナ保有費用を減らせる可能性があることがわかった。また連結コンは、航海日数が長期化するにつれてその優位性が高まることがわかった。しかし、連結コンの保有費用単価の大小が連結コンの経済的優位性に影響を与えることもわかった。

ハイブリッドコンの経済性検証はその問題構造の複雑さにより、まずは折りコンと連結コンそれぞれ別々の数理問題に分解し、問題構造を明らかにした後に、ハイブリッドコンの経済性を検証する必要があると判断した。数値実験の結果、折りコンと連結コンそれぞれの特性が明らかになった。最終的に、ハイブリッドコンの研究に着手したものの研究期限を迎えてしまい、研究成果として発表するまでにはいたらなかったことが悔やまれる。今後も本研究テーマは継続して行われる必要がある。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計10件)

新谷浩二, 今井昭夫, 2港間定期航路における連結コンテナの経済性に関する基礎的研究, 日本航海学会論文集, 第137巻, pp.27-36, 2017.

西村悦子, 新谷浩二, Stratos Papadimitriou, 先行制約を考慮した海上コンテナドレージ最適化の効果, 日本航海学会論文集, 第137巻, pp.66-74, 2017.

永岩健一郎, 新谷浩二, 田中康仁, 高橋愛典, 買物弱者対策としての移動販売車の販売経路に関する基礎研究 - 大崎上島を事例として -, 日本物流学会誌, 第25号, pp.71-78, 2017.

田中康仁, 永岩健一郎, 新谷浩二, 松尾俊彦, 西日本におけるインランドデポの配置に関する研究, 日本物流学会誌, 第24号, pp.65-72, 2016.

西村悦子, 栢野靖子, 変則型形状コンテナターミナルにおけるブロックサイジング,

日本航海学会論文集, 第135巻, pp.27-34, 2016.

Etsuko Nishimura, Lijin Wang, Akio Imai, Optimizing Yard Arrangement and Berth Allocation for Transshipment, Proceedings of 2016 International Conference on Innovation, Management and Industrial Engineering, pp.258-282, 2016.

Etsuko Nishimura, Multi-objective yard arrangement for the marine container arrangement for the marine container terminal with irregular configuration, Proceedings of the 11th International Congress on Logistics and SCM Systems, pp.336-343, 2016.

新谷浩二, 永岩健一郎, 田中康仁, 松尾俊彦, 燃料油価格高騰下における内航コンテナ船大型化の経済性に関する一考察, 日本航海学会論文集, 第133巻, pp.50-57, 2015.

永岩健一郎, 松尾俊彦, 新谷浩二, 田中康仁, 国際フィーダー航路の集貨力に関する基礎研究 - 西日本からの輸出コンテナ流動を中心として -, 日本航海学会論文集, 第132巻, pp.36-43, 2015.

Etsuko Nishimura, Masaki Hayashida, Environmental Impacts of Vehicle Dispatch Problem for Marine Container Drayage, Proceedings of XXI Triennial International Conference on Material Handling, Constructions and Logistics, pp.251-256, 2015.

〔学会発表〕(計7件)

Koichi Shintani, Akio Imai, Ulrich Malchow, A container fleet sizing problem with combinable containers in liner shipping between two ports, 7th International Conference on Logistics and Maritime Systems, 2017.8.23-26.

新谷浩二, 今井昭夫, 二港間定期航路における連結コンテナの経済性に関する基礎的研究, 日本航海学会第136回講演会, 2017.5.20-21.

西村悦子, 新谷浩二, Stratos Papadimitriou, 先行制約を考慮した海上コンテナドレージ最適化の効果, 日本航海学会第136回講演会, 2017.5.20-21.

永岩健一郎, 新谷浩二, 買物弱者対策としての移動販売車の販売経路に関する基礎研究 - 大崎上島を事例として -, 第33回日本物流学会全国大会, 2016.9.2.

田中康仁, 永岩健一郎, 新谷浩二, 松尾俊彦, 西日本におけるインランドデポの配置に関する基礎研究, 第32回日本物流学会全国大会, 2015.9.11.

Koichi Shintani, Etsuko Nishimura, Rob Konings, Akio Imai, The Impact of Foldable Containers for Simultaneous Truck Routing of Loaded and Empty Containers in Hinterland Transport of

Seaports, 27th European Conference on Operational Research, 2015.7.13-15.

新谷浩二, 永岩健一郎, 田中康仁, 松尾俊彦, 燃料油価格高騰下における内航コンテナ船大型化の経済性に関する一考察, 日本航海学会第 132 回講演会, 2015.5.29.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

新谷 浩一 (KOICHI SHINTANI)

東海大学・海洋学部・准教授

研究者番号：60290798

### (2) 研究分担者

今井 昭夫 (AKIO IMAI)

神戸大学・大学院海事科学研究科・教授

研究者番号：40160022

### (3) 研究分担者

西村 悦子 (ETSUKO NISHIMURA)

神戸大学・大学院海事科学研究科・准教授

研究者番号：60311784