

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 4 月 24 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24510218

研究課題名(和文) 折りたたみコンテナによるトレーラ集配送への効果に関する研究

研究課題名(英文) Empty container management with the vehicle routing problem on foldable containers in hinterland transport

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) 3,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究課題では、折りたたみコンテナの導入が港背後地でのコンテナトレーラ輸送において、コスト削減効果をもたらすか否かについて検討した。具体的には、折りたたみコンテナを導入することによって、トレーラの使用台数と走行距離、荷役回数を減らすかどうか数理計画的手法を用いて検証した。

近年、大規模コンテナ港の背後地では、空コンテナの過不足問題が深刻化している。その問題の緩和に、空のときに輸送容量を縮小できる折りたたみコンテナの導入に期待される。しかし、折りたたみコンテナはまだまだ本格的な実用化にいたっていない。なぜなら、折りたたみコンテナがコスト削減効果をもたらすかどうか明確になっていなかったからである。

研究成果の概要(英文)：This study analyzes the impact of foldable containers on cost savings in empty container relocation over the hinterland transport of seaports. Folding empty containers to be bundled in one trip offers opportunities to save distribution costs in container drayage in the hinterland. We model empty container relocation by trucks as a vehicle routing problem with pickup and delivery to optimize the number and the trip distance of trucks. Numerical experiments are carried out with serious empty container repositioning scenarios that are caused by extreme imbalanced trades. The study finds that foldable containers can significantly reduce the number and the trip distance of trucks compared to standard containers and hence will result in substantial cost savings.

研究分野：ロジスティクス

キーワード：折りたたみコンテナ 空コンテナの回送 国際コンテナ輸送

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、大規模コンテナ港湾の背後地では空コンテナ(以下、空コンと呼ぶ)の過不足問題が深刻化している。ある報告によれば、世界の全流通量のうち、空コン回送は 20%を占める。その中でも陸上部分の回送は 40%余りを占める。コンテナ船社にとって、空コン回送の活動自体は直接的に利益にならない。その活動に船社は、膨大なコスト負担を強いられている。既存研究では、この問題を空コン流動の最適化問題や中継地点の配置問題として扱ってきた。現在はさらに効果の大きい対応策が求められている。そこで本研究課題では、空の状態折りたたんで運ぶことによって、輸送容量を最大で 4 分の 1 に縮小できる折りたたみコンテナ(以下、折りコンと呼ぶ)の経済性に着目する。

空コン回送コストは、コンテナ運賃に付加される。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運賃は現状で、輸入の 2 倍の水準となっている。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少なくない。折りコンを導入してコンテナトレーラ(以下、トレーラと呼ぶ)の使用台数や走行距離を減らすことができれば、回送コスト削減のみならず、大気汚染や交通渋滞といった環境問題の緩和にも貢献できる。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、世界経済にとって非常に重要な課題である。

2. 研究の目的

大規模コンテナ港の背後地における空コンの過不足問題の緩和のために、空のときに輸送容量を縮小可能な折りコンの導入が期待される。しかし、折りコンはいまだ本格的な実用化にまでいたっていない。そのコンテナの商業ベースでの誘導に対してはコスト削減効果を明確にする必要がある。そこで本研究課題では、折りコンの導入が港背後地のトレーラによる空コン回送において、トレーラの使用台数と走行距離を減らし、コスト削減効果をもたらすのか否かについて数理計画的手法を用いて検証する。

3. 研究の方法

本研究課題は、3 年間で実施される。初年度ではトレーラの契約内容および運用方法の実態調査を行う。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、トレーラの VRPPD (Vehicle Routing Problem with Pickup and Delivery) モデルを構築する。2 年目には初年度に構築したモデルを用いて数値実験を行う。そのために地理条件、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。それと同時に、数理計画パッケージ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。さらに、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。その作業を続け、3 年目の中盤で完成した後に、本格的な数値実験を実施する。

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、整数線形計画問題として定式化を行い、さらに小規模問題を想定して数値実験を行った。折りコンと標準コンを使った空コンの集配送を経済的側面から比較し、折りコンが空コン回送の観点から優位性を有するのかを検討した。具体的には、分析の対象範囲を港湾背後地の i) 荷主 - 内陸デポ間および ii) 荷主 - 荷主間の空コンの集配送ネットワークとし、空コンの移動を担当するトレーラの集配送計画を数理計画モデルとして表現した。本研究では数値実験によって、折りコンが標準コンに比べてどの程度、集配送コストおよびトレーラの使用台数、走行距離の削減に貢献できるのかを検討した。

その結果、次のことが明らかになった。

1) 折りコンは、貿易不均衡が大きくなるにつれて有利となる。これは折りコンの場合、1 台のトレーラに複数個のコンテナを積んで運ぶことができるので輸送効率が良いことがその理由である。しかし、折りコンの優位性は、折りたたみ/組み立てコストに依存するため、いかにこのコストを下げるかが重要課題である。

2) 折りコンを導入することによって、トレーラの必要台数や走行距離を削減できる可能性が示唆された。

本研究の結論は、想定した条件の下に得られたものである。今後、分析をより一般化するためには、次の課題が存在することも認識している。

1) 各荷主ノードにおける空コンの需要データの与え方によっては、計算結果が異なる可能性もある。実際の需要データの入手を待って、さらに数値実験・分析を進める必要がある。

2) 本研究で扱うモデルを数理計画パッケージソルバで解くと、荷主のノード数および取り扱いコンテナ数がある一定以上となった場合、現実的な計算時間での求解が困難となる。より現実的な状況でこの問題を解くには、ヒューリスティック解法の開発が必要である。

2 年目では、初年度に構築したモデルの前提条件の一部をより現実問題に近付けるために定式化を再検討した。そのため、定式化の一部を変更することとなった。その変更を反映させた数値実験を行った結果、さらに一定の知見が得られたので国際会議にて研究発表を行った。

最終年度では、大規模問題に対応した数値

実験を可能とするためにメタヒューリスティック解法を吟味し、適用方法を検討した。さらに、専用プログラムのコーディングを行い、ここで採用したメタヒューリスティック解法による求解が可能であることを確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 11 件)

- 1) Shintani, K., Konings, R., Imai, A., The effect of foldable containers on the costs of container fleet management in liner shipping networks, *Maritime Economics & Logistics*, Vol.14(4), pp.455-479, 2012.
- 2) 新谷浩二, 今井昭夫, 永岩健一郎, 田中康仁, 折りたたみコンテナによるトレーラ集配への効果, *土木学会論文集 D3*, Vol.68(5), pp.841-849, 2012.
- 3) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 新村幸之助, サービスセンターにおける完成車の納車順序準備に関する研究, *日本ロジスティクスシステム学会第 15 回全国大会予稿集*, pp.49-52, 2012.
- 4) Ishihara, Y., Hiraki, S., Xu, Z., Su, Y., A heuristics on a vehicle routing problem for reuse systems of transport packages, *Proceedings of the 11th International Conference on Industrial Management*, pp.96-102, 2012.
- 5) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 専用船による完成車の輸送計画に関する一考察, *日本生産管理学会第 36 回全国大会講演論文集*, pp.207-210, 2012.
- 6) 胡拓也, 石原良晃, 新谷浩二, 使用済み梱包材の回収計画の立案への ACO の適用, *大島商船高等専門学校紀要*, Vol.45, pp.11-20, 2012.
- 7) 石原良晃, 相田裕貴, 新谷浩二, 輸送時間と納期を考慮した完成車の輸送計画の立案, *大島商船高等専門学校紀要*, Vol.45, pp5-10, 2012.
- 8) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, サービスセンターにおける納車整備順序に関する一考察, *日本生産管理学会第 37 回全国大会講演論文集*, pp.207-208, 2012.
- 9) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, トレーラーによる完成車の配送計画の立案, *日本ロジスティクスシステム学会第 16 回全国大会予稿集*, pp.7-10, 2013.5.
- 10) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 納期と輸送時間を考慮した専用船による完成車の輸送計画の立案, *日本生産管理学会第 38 回全国大会講演論文集*, pp.109-112, 2013.9.
- 11) 新谷浩一, 荻遼平, 折りたたみコンテ

ナの導入がコンテナ船の燃料油費に与える影響, *日本航海学会誌 NAVIGATION*, Vol.192, pp.21-26, 2015.

〔学会発表〕(計 14 件)

- 1) Shintani, K., Ishihara, Y., Konings, R., Imai, A., The impact of foldable containers on a vehicle routing problem with pickup and delivery, *The 2012 International Conference on Logistics and Maritime Systems*, 2012.8.22-24. (University of Bremen)
- 2) 新谷浩二, 今井昭夫, 港背後地の空コンテナ回送における折りたたみコンテナ導入効果の検討, *日本航海学会物流研究会*, 2012.11.24~2012.11.24 (長崎大学)
- 3) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 新村幸之助, サービスセンターにおける完成車の納車順序準備に関する研究, *日本ロジスティクスシステム学会第 15 回全国大会*, 2012.6.2. (文化ファッション大学院大学)
- 4) Ishihara, Y., Hiraki, S., Xu, Z., Su, Y., A heuristics on a vehicle routing problem for reuse systems of transport packages, *The 11th International Conference on Industrial Management*, 2012.8.29-31. (Tokyo Metropolitan University)
- 5) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 専用船による完成車の輸送計画に関する一考察, *日本生産管理学会第 36 回全国大会*, 2012.9.7-9. (広島修道大学)
- 6) 新谷浩二, 折りたたみコンテナによるトレーラ集配への効果, *日本ロジスティクスシステム学会中四国支部研究会*, 2012.10.13. (近畿大学)
- 7) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, サービスセンターにおける納車整備順序に関する一考察, *日本生産管理学会第 37 回全国大会*, 2013.3.22-24. (椋山女学園大学)
- 8) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, トレーラーによる完成車の配送計画の立案, *日本ロジスティクスシステム学会第 16 回全国大会*, 2013.5.11-12. (日本大学)
- 9) Shintani, K., Ishihara, Y., Konings, R., Imai, A., The impact of empty container relocation with foldable containers on cost savings for hinterland transport of seaports, *26th European Conference on Operational Research*, 2013.7.1-4. (Sapienza University of Rome)
- 10) Ishihara, Y., Hiraki, S., Xu, Z., Su, Y., Shintani, K., A heuristics on a multi-period vehicle routing Problem for reuse system of transport packages, *The 8th International Conference on Logistics*, 2013.8.5-7. (Waseda University)

11) 石原良晃, 平木秀作, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 納期と輸送時間を考慮した専用船による完成車の輸送計画の立案, 日本生産管理学会第 38 回全国大会, 2013.9.6-8. (千葉工業大学)

12) Shintani, K., Ishihara, Y., Konings, R., Imai, A., The empty container relocation problem with foldable containers on cost savings for hinterland transport of seaports, The 5th International Conference on Logistics & transport, 2013.11.5-8. (Doshisha University)

13) 石原良晃, 徐祝淇, 宿元明, 新谷浩二, 平木秀作, サービスセンターにおける完成車の納車整備順序に関する一考察, 日本ロジスティクスシステム学会第 17 回全国大会, 2014.5.10-11. (早稲田大学)

14) 新谷浩二, 港湾背後地輸送における折りたたみコンテナ導入のインパクト, 第 13 回アジア物流研究会, 2014.9.26. (東京大学)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

〔その他〕

ホームページ等

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

石原 良晃 (YOSHIAKI ISHIHARA)

大島商船高等専門学校・情報工学科・教授

研究者番号: 60232336