

「海と陸の機能の連携による陸海の 結節点の効率化・利便性の向上」 に関するコメント

2026年3月16日

(一財) 運輸総合研究所 第57回研究報告会

東京海洋大学/運輸総合研究所

土屋 知省

1. 本研究の概要
2. 先行報告に対する石黒先生のコメントと本研究
3. 本研究に関係する物流の課題
 - ① 待ち行列・待ち時間
 - ② 波動への対応
 - ③ 往復の利用
 - ④ 協力の合意形成
4. 京浜港のドレージの実態
5. 質問事項

1. 本研究の概要

- ① 研究の背景として、京浜港等におけるトレーラーのゲート前長時間待機の問題を採り上げ、対策の中で「降ろし取り」がターミナル事業者、トラック事業者のWin-Winとなりうるので、研究対象とした。
- ② 東京港の事業者の実態調査を行ったところ、降ろし取りの評価は、トラック事業者はメリットを感じていたが、ターミナル事業者の間では評価が分かれ、実施は分かれていた。
- ③ そのため、降ろし取りの効果を定量的に把握するため、ターンオーバータイム、ゲート前待機時間、CO₂排出量を評価指標として、ミクロシミュレーションを実施し、その結果、降ろし取りの増加により、いずれの評価指標も減少した。
- ④ 降ろし取りは、トラック事業者、ターミナル事業者等ステークホルダーそれぞれにメリットがあることが明らかにされたことにより、導入・実施に向けてステークホルダーの合意を促す動機づけになりうる。

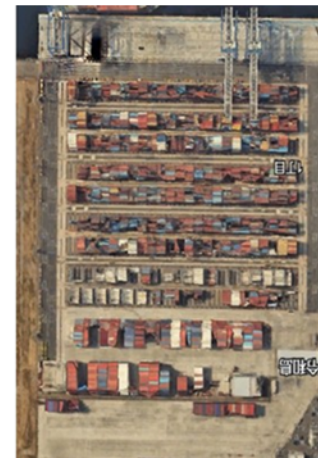
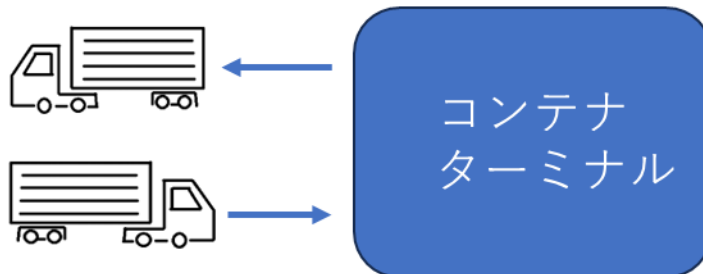
2. 先行報告に対する石黒先生のコメント

- 運輸総合研究所 第54回研究報告会 2023年度冬において
- 大森特任研究員が「コンテナターミナルにおける海と陸の情報連携—東南アジアでのデジタル活用事例を踏まえ—」を報告
- 石黒一彦 神戸大学准教授のコメント
 - 日本のコンテナターミナルにおける陸側情報活用は、始まったばかりであり、データは蓄積段階だが、従来の分析手法を応用可能。
 - 港湾の効率化とサプライチェーン全体の効率化をいかに両立していくべきか、定量分析により検討するべき。
 - 分析対象として、
 - 降ろし取り、
 - ゲート予約のメリットデメリット、
 - サプライチェーン効率化のために港湾ができること
- 本日のシミュレーションは、実績どおりの本船の到着・荷役を前提に、降ろし取りの改善の結果を示しており、石黒先生のコメントに応えたもの。

機能



内部の仕組み



地図データ：©2026 Google

3. 本研究に関する物流の課題

① 待ち行列・待ち時間

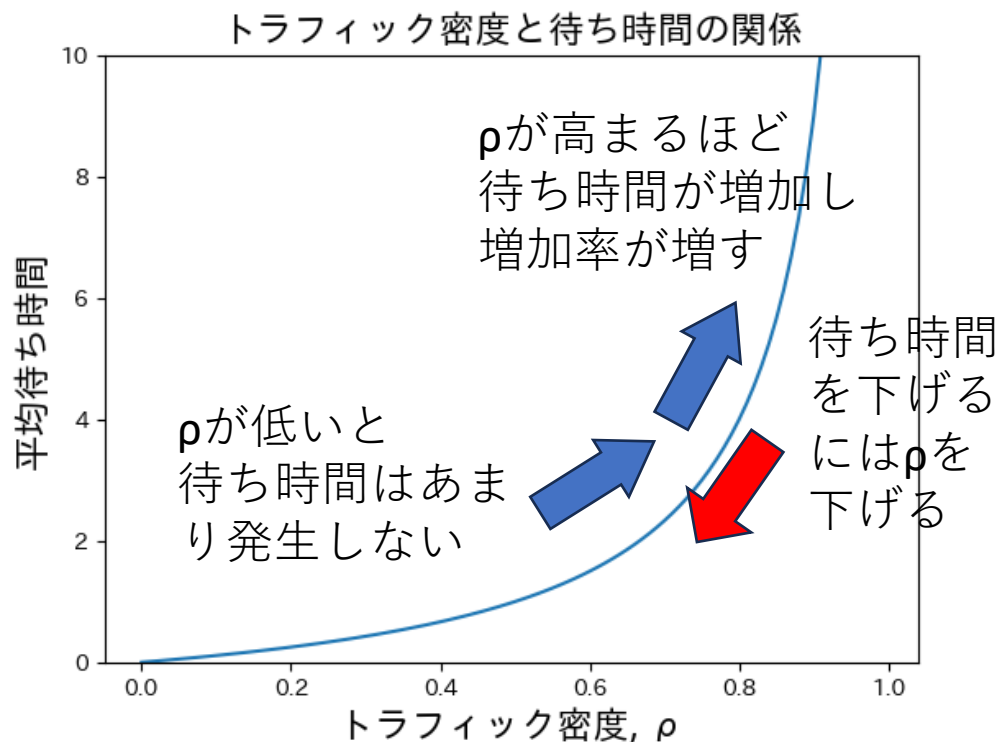
- ベルトコンベア作業と異なり、到着・処理がばらつくと、行列ができ、待ち時間が生じる。
- ゲート前待機（本研究）、トラックの倉庫での荷待ち、コンビニのレジ待ち、コンピューターのジョブ待ちなど普遍的現象。
- 待ち行列・待ち時間が長くなると問題化。

- ここでは、ターミナル全体をコンテナの搬出入処理をするひとつのシステムと見てパフォーマンスを検討する。

• 待ち行列理論 (queuing theory)

ρ (ロー、トラフィック密度、稼働率)

$$= \frac{\lambda \text{ (到着率 到着数/時間)}}{\mu \text{ (サービス率 処理数/時間)}}$$



トラフィック密度 ρ 低下の方策

- 荷役機器の追加など 処理能力増強

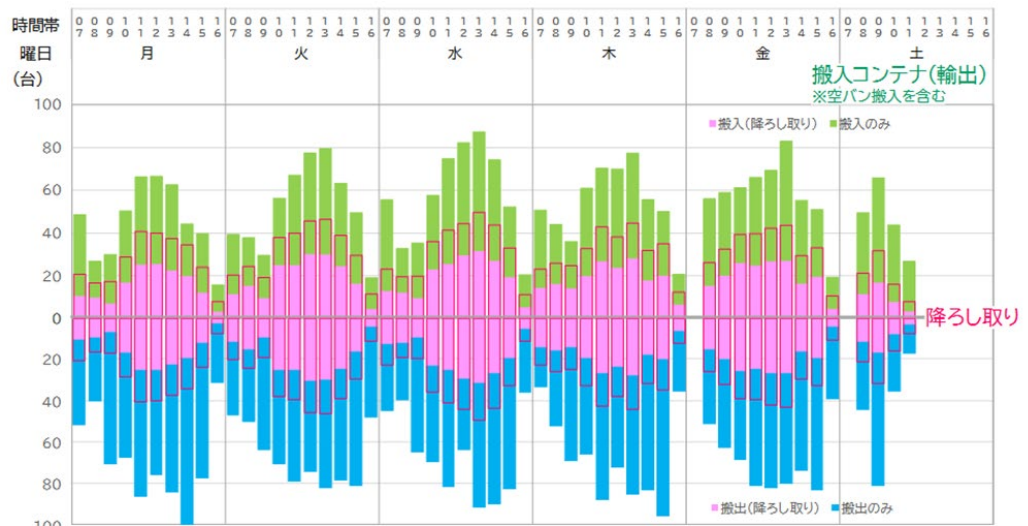
$$\rho \downarrow = \frac{\lambda \text{ (到着率 到着数/時間)}}{\mu \text{ (サービス率 処理数/時間)}} \rightarrow$$

- 降ろし取り 運用ルール (本研究のケース) 実行率 18% \Rightarrow 28%

$$\rho \downarrow \Delta 4\% = \frac{\lambda \text{ (到着率 到着数/時間)}}{\mu \text{ (サービス率 処理数/時間)}} \rightarrow \Delta 8\%$$

$$\Delta 4\% \rightarrow \Delta 4\%$$

到着の波動：ピーク時は、平均より長い待ち行列・待ち時間となる



本研究の使用データ

② 波動への対応

トラック予約システム (Truck Appointment System, TAS)

- 入場に予約を導入し、時間当たりの予約枠 (quota) を定めて、波動を平準化する取り組みがトラック予約システム
- 実務の例
 1. **CONPAS (Container Fast Pass)** : コンテナターミナルのゲート処理・ヤード内荷役作業効率化のため国土交通省が開発した情報システム。予約を含む。
 2. 日本の陸上物流のトラック予約受付システム : 商用化多数
- 既往研究の例
 1. **Giuliano.G, O'Brien.T (2007)**: 環境規制の下で、ロスアンゼルス・ロングビーチ港に導入されたトラック予約システムを評価し、同システムが渋滞・排ガス緩和に安価な方法であるとしたもの
 2. **Davies.K.B et.al (2024)** : コンテナターミナルでトラック予約と降ろし取りを組み合わせる戦略について、仮想ケースでシミュレーションを行い、ターミナル事業者はヤード資源の有効配置ができ、トラック事業者は稼働率向上となり、双方に利益があることを示したもの。
 3. **Li.N et.al (2018)**: コンテナターミナルのトラック予約枠からのトラック到着の逸脱に対して、ターミナル側の対応戦略を、オンタイム到着のトラックの待ち時間、アイドリングによる排気量を評価指標として、シミュレーションにより評価したもの。

- 本研究のシミュレーションは、トラック予約を前提とせず、降ろし取りのみの効果があることを明らかとした。
- 降ろし取りと予約システムの組み合わせで相乗効果がありうる。

③ 往復の利用 (dual cycle, dual transaction)

- 物流の作業は、往復の動きが多いが、仕事は一方向が多い。行き帰りで仕事をすれば効率が向上する。
- 本研究の降ろし取りは、外来シャーシの往復利用をするもの。

• 実務の例

1. 岸壁クレーンと構内シャーシ
2. コンテナラウンドユース
3. 荷主・輸送事業者の連携による互いの空き車両区間等の利用（「グリーン物流パートナーシップ会議」表彰事例に多数）
4. トラック輸送の帰り荷等のマッチングサービス：商用化多数

• 既往研究の例

1. Zhu.S et.al (2022) : コンテナターミナルで、岸壁クレーンと構内シャーシの降ろし取りについて、本船の滞在時間を評価指標として、クレーン・シャーシの運行管理とコンテナの保管を最適化するアルゴリズムを開発し、数値実験を行ったもの。
2. Li.N et.al (2022) : アジアのコンテナターミナルの典型的なレイアウト（60のヤードブロックなど）を仮定し、本船荷役・降ろし取りに優先順位を与えつつ、トラック予約数に応じて、各ブロックできめ細かく荷役機器の配置を変更するアルゴリズムを開発し、降ろし取りの多寡に応じてブロック待ち、ゲート前待機時間を評価したもの。

④ 協力の合意形成 (consensus building)

- しばしば、ステークホルダー間の利害は一致しないが、協力することにより、効率・利便を向上させることが可能なことが多い。
- 本研究は、降ろし取りについて、関連するステークホルダーそれぞれにメリットがあることを明らかにし、実施の合意の動機付けになりうるとしている。

• 実務の例

1. 東京港港計画基本方針のパブリックインボルブメント
2. 経産省 フィジカルインターネット実現会議 業界ワーキンググループ
(スーパーマーケット等、百貨店、建材・住宅設備、化学品、医薬品、家電)

• 既往研究の例

1. Susskind, L.E. et al (1999): 合意形成の戦略、ステークホルダーの利害の評価、ファシリテーターの役割等について、多数の著者による合意形成についてのハンドブック
2. 杉村佳寿ら (2022年): 日本のコンテナターミナルの脱炭素化について、ステークホルダー分析を行う。取り組みを企業の自主性に委ねる規制環境、企業化されていないターミナル運営体制等ガバナンスの問題を指摘する。

4. 京浜港のドレージの実態

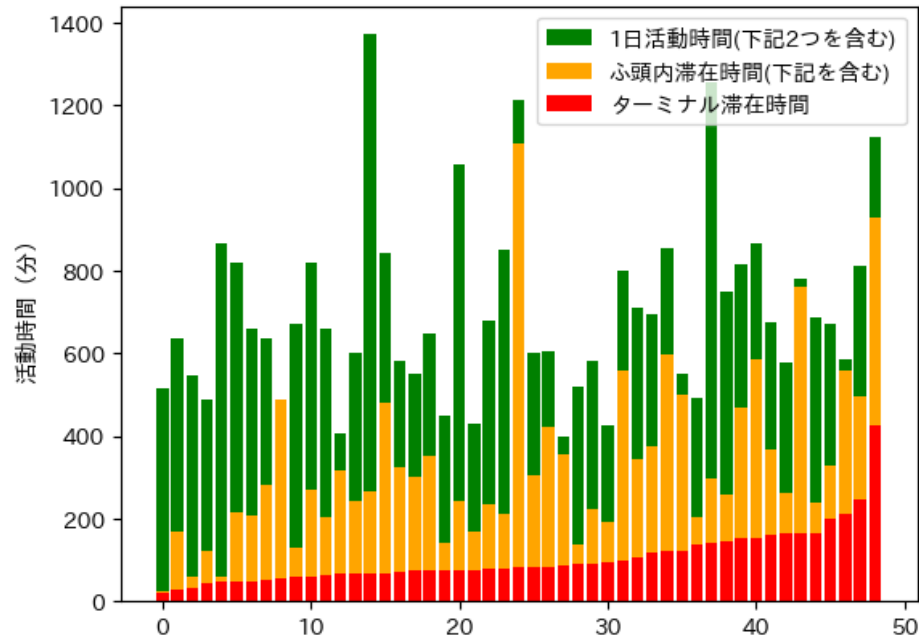
ターミナルの入退場、滞在時間

東京港のあるコンテナターミナルを2023年11月13日（月）に入退場した日野自動車製のヘッド49台について分析した（東京海洋大学が日野自動車との共同研究において、貸与されているGPSデータから計算）。

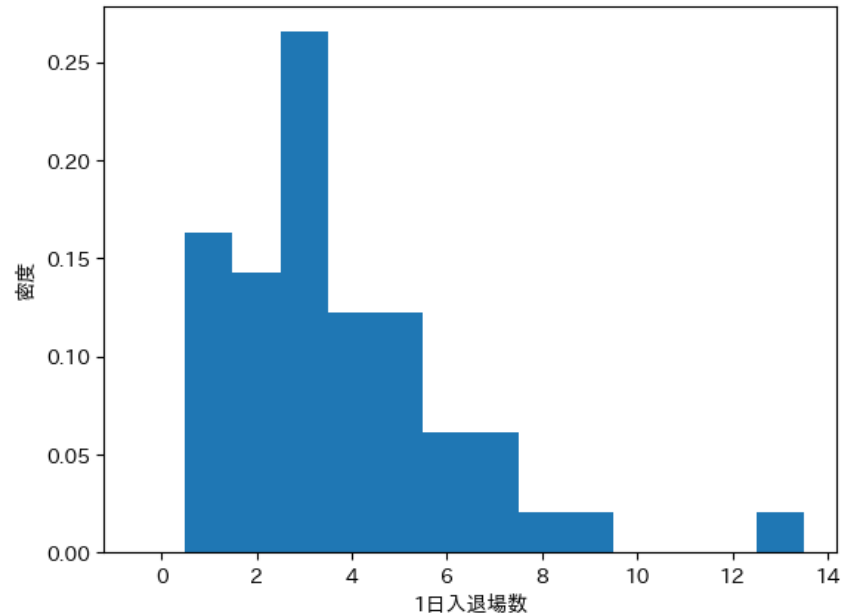
- 1日平均701分(11時間41分)の活動のうち
- 平均334分（2分の1弱）をふ頭内での滞在（ターミナル内のターンオーバータイム、ゲート前待機、ふ頭内バンプール、ふ頭内物流施設等での滞在の合計）に費やす。【右上図】
- ヘッドはこのターミナルだけでなく、東京、横浜、川崎の他のターミナルを訪問し、延べ入退場数185回（うちこのターミナル57回）、平均3.8回入退場【右下図】。

謝辞 GPSデータを提供した日野自動車様、事業所母集団データベース情報を提供した総務省に深謝いたします。

1日の活動時間の内訳（2023年11月13日 あるターミナル訪問ヘッド49台）

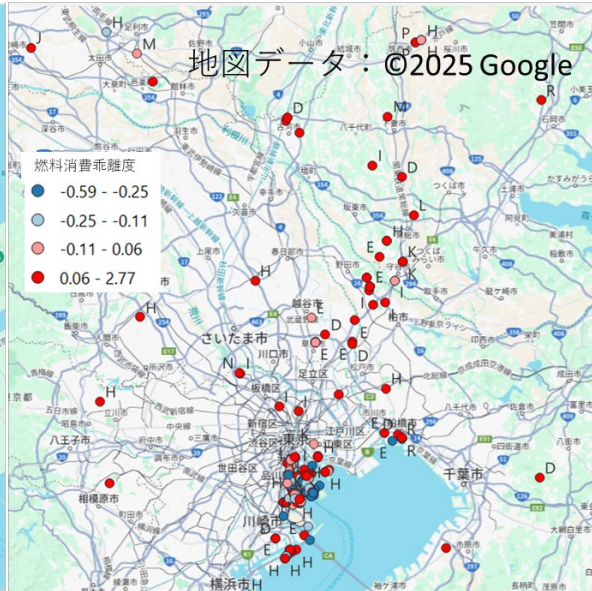


1日のターミナル延べ訪問数（2023年11月13日あるターミナル訪問ヘッド49台）

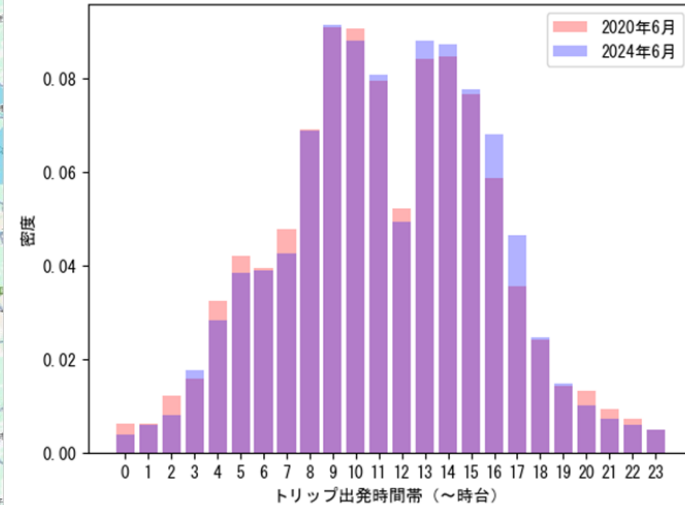




2020年6月 東京湾岸
あるターミナル発のトリップの着地



2020年6月 広域
あるターミナル発のトリップの着地



あるターミナル立ち寄りトラクターヘッド
トリップ出発時間帯の分布の変化

- 2020年6月のこのターミナル発のトリップの着地と令和4年次フレーム総務省事業所母集団データベース情報を独自に関連付けを行い、着地の産業大分類を記号で示した。【上左・中図】
- 東京湾岸のH：運輸業、郵便業は、倉庫・物流センターなど。広域になると、H以外に、I：卸・小売業、E：製造業などがある【上中図】。ここでは示さないが、出発地も広域のものがある。
- このターミナル以外も含めたトリップの出発時間帯は、未明・深夜まで幅広いが、8時から16時まで日中が多い【上右図】。

(2025年9月13日日本物流学会第42回全国大会報告資料から)

5. 研究に対する質問

1. ミクロシミュレーションによる定量的試算を行った理由
2. ミクロシミュレーションを実施するにあたり、苦労した点。
3. シミュレーションの結果をどのように使うのか。各ステークホルダーに対しての言い方など。
4. 実際のターミナルで、降ろし取りが有効か簡易な方法で判断できないか。

- Mrnjavac.E, Zenzerovic.Z, *Modeling of port container terminal using the queueing theory*, Transport Europe, pp.54-58, 2000,
- 渡辺逸郎, コンテナターミナルにおける搬出入作業の考察, 日本造船学会論文集, 第177号, pp.477-483, 1999
- 土屋知省, 黒田久幸, 冷蔵倉庫におけるトラックの入出庫の実態に基づくシミュレーションによる荷待ち・荷役時間の改善の検討, 日本物流学会誌, Vol.33, pp.61-68, 2025
- Giuliano.G, O'Brien.T, *Reducing port-related truck emissions: The terminal gate appointment system at the Ports of Los Angeles and Long Beach*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, 12(2007),pp.460-473
- Li.N et.al, *Disruption management for truck appointment system at a container terminal: A green initiative*, Transportation Research Part D: Transport and Environment, Vol.61,Part B, 6(2018),pp.261-273
- Davies.K.B et.al, *DISCRETE EVENT SIMULATION OF TRUCK APPOINTMENT SYSTEMS IN CONTAINER TERMINALS: A DUAL TRANSACTIONS APPROACH*, Arab Academy for Science, Technology, and Maritime Transport, The International Maritime and Logistics Conference “Marlog 13”, March 2024

- Zhu.S et.al, Quay crane and yard truck dual-cycle scheduling with mixed storage strategy, *Advanced Engineering Informatics*, Vol.54, October 2022, 101722
- Mazloumi.M, Hassel.E, *Improvement of Container Terminal Productivity with Knowledge about Future Transport Modes: A Theoretical Agent-Based Modeling Approach*, sustainability 2021, 13, 9702
- Li.N et.al, *A new vocation queuing model to optimize truck appointments and yard handling-equipment use in dual transactions systems of container terminals*, Computers & Industrial Engineering, Vol.169, July 2022, 108216
- 大塚香織、石山明久、南川浩輝、東京港港湾計画基本方針のパブリックインボルブメント実施についての一考察、
<http://library.jsce.or.jp/jsce/open/00061/2004/31-04-0077.pdf>
- Susskind.LE, Mckernen.S, &Thomas-Lamar.J, *The consensus building guidebook: A comprehensive guide to reaching agreement*, SAGE Publications, 1999
- 杉村佳寿ら、コンテナターミナルにおける脱炭素化に向けたステークホルダー分析、日本船舶海洋工学会講演会論文集第35号, pp.273-276, 2022年11月

トラフィック密度の変化とゲート前待機時間

