ETC2.0 を用いた港湾地区における大型貨物車両の交通パターン分析

安田　利玖[1]・柴崎　隆一[2]・小川　芳樹[3]・趙　琛渤[4]

[1]学生非会員　東京大学大学院　工学系研究科技術経営戦略学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）
E-mail: rikuyres@g.ecc.u-tokyo.ac.jp
[2]正会員　東京大学大学院　工学系研究科システム創成学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1）
E-mail: shibasaki@sys.t.u-tokyo.ac.jp
[3]正会員　東京大学空間情報科学研究センター（〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5）
E-mail: ogawa@csis.u-tokyo.ac.jp
[4]学生非会員　東京大学大学院　工学系研究科社会基盤学専攻（〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1）
E-mail: cbzhao@iis.u-tokyo.ac.jp

本研究は、港湾地区における大型貨物車両の行動分析を ETC2.0 を用いて行う。陸上輸送と海上輸送の結節点である港湾地区を対象とした貨物車の分析は十分とはいえない。本研究の目的は ETC2.0 を活用し、コンテナターミナルを発着する大型貨物車両に特有の行動パターンを明らかにすることである。具体的な手法としては、全国の ETC2.0 データからポリゴンを用いて対象ターミナルに位置情報があった（大型）貨物車両を抽出し、そのターミナル外のストップ地点から車両ごとのツアーを作成する。これに基づき時間帯や曜日によるツアーパターンの違いを分析し、港湾発着大型車両の日時・輸送経路に関する特性を分析する。.

Key Words: *ETC2.0, freight vehicle, tour analysis, container port*

1. 背景

港湾はインターモーダル国際物流ネットワークの結節点として位置付けられ、サプライチェーンにおいて重要な役割を果たしている。特に、日本においては貿易の 99%が海運によって行われており、その重要性は大きい。しかし、COVID-19 パンデミック後の需要回復に伴い、世界中のコンテナ船の航行能力が 16%減少 [1]し、コンテナ物流の渋滞が顕著となっている。さらに、2024 年 4 月 1 日以降に施行される働き方改革関連法により、「自動車運転の業務」における年間の時間外労働時間の上限が 960 時間に制限されることで、物流におけるトラックドライバーの不足がさらに悪化すること（いわゆる「2024 年問題」の発生）が予想されている。

以上の問題が挙げられる中で、交通情報の把握や災害時の通行可能な道路情報の取得、交通の効率化、ヒヤリハット多発地点の分析などに有効な車両行動分析が重要視されている。その中でも、ETC2.0 を用いた位置情報は比較的容易に取得可能であり、貨物や配達先の情報量が不足しているデータでも行動分析を行うことが可能である。

この背景から、本研究は、ETC2.0 データを利用し、港湾地区を走行する大型貨物車両の分析を行い、「港湾発着大型貨物車両に特有の移動パターン」を明らかにすることを目指す。得られた情報をもとに流通調整や交通ネットワーク上の配送ルートの最適化などを通して、港湾における物流の効率化を図り、渋滞の発生やコンテナ物流の停滞を緩和することで、経済損失を軽減することが期待される。

2. 既往研究

貨物車の移動を分析する際に、アンケートと位置情報に基づく 2 つの方法が存在する。アンケートによる方法は、ドライバーから直接車両の移動に関する情報を収集するものである。しかし、この方法はドライバーごとの主観が入り交じるため、分析の精度が悪化する傾向にある。一方、位置情報に基づく分析では、車両の移動を位置情報データを通じて客観的に分析することができる。

この方法は、データ全体に対して分析を行うことが可能であり、サンプリングによるバイアスがかかりにくいという利点もある。したがって、位置情報に基づく分析は、アンケートによる方法よりも高い精度と広範囲な分析が可能である。

今後予想される物流業界の諸問題に対応するにあたり、効率的な輸送やサプライチェーンネットワークを実現するためには、貨物車両の移動パターンを詳細に分析・把握することが重要である。貨物車両の移動パターンが精緻に把握できれば、輸送ルート、配送スケジュール、荷物の積み込み方法などを分析し最適化することが可能となる。GPS などの位置情報データを用いた車両の移動パターン分析に関して、Alho ert al.[2]は、GPS 車両トレースおよび停止活動データから、貨物車両の（ひとつ以上のトリップで構成される）ツアー、ツアータイプ、およびツアーチェーンタイプを明らかにするためのアルゴリズムの探索を行った。新部ら [3]は、位置情報を用いてツアー分析を行い、東京都市圏の貨物車の行動パターンの実態を把握し、都市貨物シミュレーション構築を行った。一方で、ETC2.0 データを用いた港湾周辺の交通分析に関しては、形屋ら [4]によるクルーズ船の寄港による道路交通への影響分析や、井ノ口ら [5]による鉄道輸送へ転換した場合のトラック走行距離の削減量・走行時間の短縮量についての定量的な分析などがあるものの、筆者らが調べた限りでは、海外の例を含め研究例はあまり多くない。そこで本研究では、ETC2.0 データを用いて、港湾地域発着の貨物車両の OD を特定しトリップを抽出することなどにより、ツアー分析を行うものである。

車両のツアー分析を行うにあたっては、車両の停止地点を抽出する必要がある。車両の停止地点判定に関する研究例は多く、たとえば大型トラックを対象とした研究としては、Ma et al.[6]は、トラックの瞬間速度および二次データ（エンジンのオン/オフ状態、点火情報など）を使用してトラック停留地点を特定できることを示している。しかし、このような二次データは、実際には入手が困難なことが多い。一方で、Yang et al.[7]は、貨物輸送の終点（出発地と目的地）の特定を、GPS データに基づいたデータ駆動型の推計方法により実施しており、本研究もこれを参考とする。

3. データ

(1) ETC2.0 データの概要

ETC2.0 は、路車間通信のシステムであり、渋滞や事故に関する交通情報を提供しながら、車両の走行履歴や挙動履歴を収集し、国土交通省のプローブサーバに集計されている。

a) 走行履歴情報

走行履歴情報は、地点時刻や緯度経度などが 200m ごとに蓄積され、進行方向が直前から 45° 以上変化した場合も蓄積される。プライバシー保護のため個人を特定できる情報や走行開始地点はマスキングされている。

b) 挙動履歴情報

挙動履歴情報は、前後加速度、左右加速度、ヨー角速度が閾値を超えた際に急減速や急ハンドルなどの安全な走行に影響する挙動を記録するもので、それぞれの閾値は前後加速度-0.25G、左右加速度が±0.25G、ヨー角速度が±8.5deg/s であり、31 事象分が蓄積可能である。

(2) 本研究で使用するデータ

今回の研究では ETC2.0 プローブ情報の走行履歴情報のみを使用する。データ期間は 2021/7/12~2021/7/18 の 7 日間である。東京港の大井ふ頭を分析対象とし、7 日間のうち一度でも大井ふ頭のいずれかのコンテナターミナルに位置情報がある分析対象となる貨物車両数は 3,642 台となる。分析対象の車両の抽出に関しては次章で説明する。

4. 手法

分析は以下の手順で行った。

(1) データの抽出

図 1 に示すように、東京港大井ふ頭の各コンテナターミナルを囲うポリゴンを作成し、データ期間内に一度でも位置情報がポリゴン内に存在する大型貨物車両の移動データのみを抽出する。

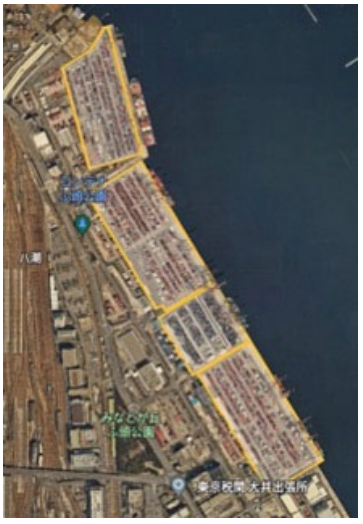


図-1 東京港大井ふ頭の各コンテナターミナルに設定したポリゴン

(2) 停止地点の抽出

車両の移動が停止したポイントは、抽出すべき点とそうでない点に分けられる。例えば、短い休憩のための停止は、貨物の発着地とは区分する必要がある。そこで、(1)で抽出された車両データに関して、一つの車両が空間半径 50m 以内に 30 分以上留まっているという基準にもとづき車両の停止地点を抽出する。ただし、1440 分以上位置情報が飛んでいるものは異常値として除外する。停止地点の抽出基準に関しては、空間半径 50m, 100m, 250m、最低停留時間 30 分, 60 分のそれぞれの基準にもとづき抽出を行い、サンプルデータによる定性的な検討をもとに最も妥当に停留地点が抽出されている上記の基準を選定した。

(3) クラスタリング

(2)で抽出された停止地点を DBSCAN によりクラスタリングすることで、車両の停止目的地を推定する。50m 以下の距離にある点同士は同じクラスタと判定され、3 点以上含むクラスタを抽出対象とする。こちらの基準も(2)と同様に、空間半径 50m, 100m, 200m、クラスタの最低地点数 3, 5 のそれぞれの基準でクラスタリングを行い、サンプルデータによる定性的な検討に基づき基準を選定した。

5. 抽出結果

それぞれのステップについて結果を示す。

(1) データの抽出

3 章でも示したように 3,642 台の車両が抽出された。

(2) 停止地点の抽出

ここでは結果として、停止地点として抽出されたポイントのサンプルをいくつか示す。図 2 には大井ふ頭の各コンテナターミナル付近において停止地点として抽出されたポイントを示す。また、図 3 には大井コンテナターミナルに一度でも立ち寄ったトラックのうち青海ふ頭付近で抽出された停止地点を示す。

図に示されるように、大井ふ頭や青海ふ頭のコンテナターミナル付近での停止地点が抽出されているのがわかる。大井ふ頭のコンテナターミナルのように目的地が広範囲に広がっている場合は停止地点が道路上ではないことがわかりやすい一方で、事業所など範囲の狭い目的地の場合は GPS のずれによって道路上に表示されることも考えられる。他方で、実際に道路上に停留点が存在するケース（道路上に車を停めて時間調整・休憩するなど）も考えられるため、大型貨物車量の移動パターンを抽出するためには、停止点を抽出する際に道路上か否かの判断も行う必要性があることが示唆される。



図-2 大井ふ頭付近で抽出された停止地点

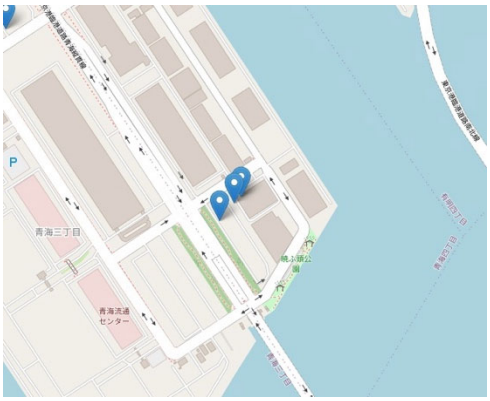


図-3 青海ふ頭付近で抽出された停止地点

(3) クラスタリング

ここでは結果として、クラスタとして抽出されたもののサンプルをいくつか示す。図 4 には大井ふ頭付近においてクラスタとして抽出されたものを示す。また、図 5 には青海ふ頭付近で抽出されたクラスタを示す。

大井ふ頭のように範囲が広くかつ周囲の目的地からある程度離れているものに関しては、クラスターとしてうまく抽出されているものの、小さい事業所が密集するような目的地に関しては、他の事業所と混合して広範囲のクラスターとして認識されるケースがみられる。したがって、大井コンテナターミナルのような大きな目的地をある程度事前に定めて、それ以外の目的地におけるクラスタリングの基準を別に設ける対応などが考えられる。



図-4　大井ふ頭付近で抽出されたクラスタ

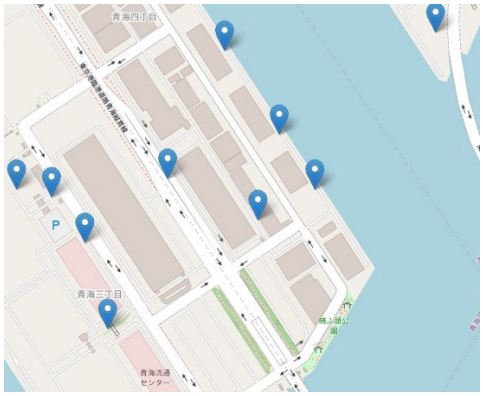


図-5　青海ふ頭付近で抽出されたクラスタ

6.　おわりに

本稿では、クラスタリングの結果までを記述している。これまでの実験を鑑みて、「停留地点を判断する際に、元の位置情報が道路上か否かの判断が必要」、「クラスタリングを行う際に、目的地の大きさによって異なる基準を設けることが必要」の二つの知見が得られた。なお、クラスタリング結果に基づき各車両のツアー分析を行った結果については、当日発表する。

参考文献

1)　Peerless Media, Logistics Management, “Ocean Cargo: Carriers, shippers continue to navigate choppy waters”, https://www.logisticsmgmt.com/article/ocean_cargo_carriers_shippers_continue_to_navigate_choppy_waters#:~:text=By%20December%202021%2C%20congestion%20had,up%20yards (参照 2023/10/12)

2)　Alho, A.R, Sakai, T., Chua, M.H., Jeong, K., Jing, P., & Ben-Akiva, M. Exploring algorithms for revealing freight vehicle tours, tour-types, and tour-chain-types from GPS vehicle traces and stop activity data. Journal of Big Data Analytics in Transportation, 1, 175–190, 2019. https://doi.org/10.1007/s42421-019-00011-x

3)　新部秀悟・坂井孝典・兵藤哲朗：プローブデータを用いた東京都市圏における貨物車ツアー分析，. 土木計画学研究発表会，67，C12-2，2023.

4)　形屋陽一郎・藤生慎：ETC2.0 プローブ情報によるクルーズ船寄港時の道路交通への影響把握，AI・データサイエンス論文集，1-J1，228-234，2020. https://doi.org/10.11532/jsceiii.1.J1_228

5)　井ノ口弘昭・飴野仁子・前澤里胡：ETC2.0 走行データを用いた鉄道モーダルシフト推進の検討，日本物流学会全国大会，40，141−144，2023.

6)　Ma, X., McCormack, E.D., & Wang, Y. Processing commercial Global Positioning System data to develop a web-based truck performance measures program, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2246 (1), 92–100, 2011. https://doi.org/10.3141/2246-12

7)　Yang, Y., Jia, B., Yan, X.-Y., Li, J., Yang, Z., & Gao, Z. Identifying intercity freight trip ends of heavy trucks from GPS data, Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review, 157, 102590, 2022. https://doi.org/10.1016/j.tre.2021.102590.

(2023. 10. 13 受付)