

# プローブデータを利用した 商用車の行動パターン分析

前田 涼輔<sup>1</sup>・円山 琢也<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 熊本大学大学院自然科学教育部土木建築学専攻  
(〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-19-1)  
E-mail: 226d8367@st.kumamoto-u.ac.jp

<sup>2</sup>正会員 熊本大学教授 大学院先端科学教育部 (〒860-8555 熊本県熊本市中央区黒髪 2-39-1)  
E-mail: takumaru@kumamoto-u.ac.jp (Corresponding Author)

これまで商用車の運行実態を把握するためには、運転終了時にドライバーが記載する運転日報や、アナログ式運行記録計のデータなど、限られたデータが用いられてきた。しかし近年、デジタル式運行記録計がトラックに搭載され、大量のデータを容易に得ることができるようになり、車両ごとの移動パターンを分析することが可能となった。そこで本研究では、本データを用いて商用車の各車両レベルの行動パターンの傾向を明らかにすることを目的とする。分析の結果、曜日や時間帯による行動パターンの違いや、トリップチェーンごとの旅行時間、走行距離の傾向を明らかにすることができた。

**Key Words:** probe data, freight vehicle, activity pattern

## 1. はじめに

### (1) 研究の背景と目的

近年、交通・通信技術の発達によるグローバル化の進展、オンラインショッピング等の普及による消費者の購買行動の変化によって、貨物輸送の特性や行動が変化している。このように急速に変化する貨物需要に対応した交通計画・運用が重要である。また、商用車の OD 交通量とトリップパターンは、それらの計画・運用のための重要な基礎データである。

これまで商用車の行動を把握するためには、運行終了時にドライバーが記載する運転日報や、車両に搭載されたアナログ式運行記録計のデータなど、限られたデータが用いられてきた。しかし、近年、デジタルタコグラフデータが普及し、大量の商用車の経路データを容易に得られるようになった。また、本データに含まれている車両 ID から、個々の車両レベルの道路利用状況の継続的な分析も可能である。そこで、本研究ではデジタルタコグラフデータを用いて九州内を発着する商用車の各車両レベルの行動パターンの傾向を明らかにすることを目的とする。

### (2) 既存研究のレビューと本研究の位置づけ

商用車などの一連の動きをトリップチェーンの考え方に基づいて分析した研究はいくつかみられる<sup>7)</sup>。瀬山ら<sup>1)</sup>は、デジタル式運行記録データを用いて鉄道コンテナ集配トラックの挙動について分析を行った。研究の結果、ピストン型（降ろし作業）、ピストン型（積み作業）、三角型（降ろし作業→積み作業）の3つが主なラウンドの運行形態であることが明らかとなった。また、Siripirote et al.<sup>2)</sup>は、トラックの GPS データから、トラックの活動時間や活動場所、トリップチェーンを推定するアプローチを提案した。そして、走行距離や休憩時間の分布、輸送される主要な貨物の種類別のトリップチェーンのパターン、積み下ろし作業の時間の違いの傾向を明らかにしている。

また、行動パターンの研究はいくつかみられ<sup>7)</sup>、集合間の類似度を算出する際に Jaccard 係数を用いた例も存在する。細江ら<sup>7)</sup>は、交通系 IC カードデータから公共交通利用者間の類似した行動パターンを把握するために、グラフ研磨を用いた分析手法を提案した。利用者間の曜日や時間帯、乗車駅、降車駅等の類似度を算出するために Jaccard 係数を用い、グラフ研磨を用いて分析し、141 個の特徴的な行動パターンの抽出している。また、カー

ド利用者間でどの曜日のどの時間帯での利用が類似しているのか、どの駅からどの駅へ移動する傾向にあるのかが明らかにした。

このように、ビッグデータを活用した行動分析の例はいくつか存在する。しかし、本研究で示すような長期間で広域かつ大量の ID を追跡した研究は十分ではない。また、筆者らは同種のデータを利用し OD 交通量の変動に関する分析を行ってきた<sup>9)</sup>が、商用車の個人レベルの日々のトリップパターンの違いを詳細に把握してはいない。以上のことから本研究では、商用車の行動を把握するために、行動パターンの類似性を Jaccard 係数を用いて評価する分析手法を提案する。また、ID 別のトリップパターンの類似性の高さや走行距離など、トリップチェーンの特徴として取り扱える変数を用いて非階層クラスター分析を行う。そこから、商用車がどのようなトリップの特性を持つ車両群に分類されるかを確認し、クラスター別の分析を行う。

### (3) 本研究の構成

ここで、本研究の構成を述べる。1.では、本研究の背景と目的について述べ、既存研究のレビューを行った。2.では本研究の分析データの概要、分析手法を述べる。3.では基礎分析とその考察を述べる。4.ではクラスター分析を行い、クラスターごとの行動の傾向の比較、考察を述べる。最後に、5.で本研究の成果をまとめる。

## 2. 分析方法

### (1) 使用データと対象地域

本研究で用いたデータは、富士交通・道路データサービスより提供を受けたデジタルタコグラフデータである。デジタルタコグラフデータは運転中の速度、走行時間、走行距離、位置情報等の運行データを正確にリアルタイムに記録することができる。このような運行記録計の装備は交通事故削減のために義務化されており、最積載量4トン以上、車両総重量7トン以上の事業者貨物自動車と新規購入自動車が装着義務対象となっている。

データ内容は九州地域内を発着する商用車の OD データであり、スケールは3次メッシュ(1kmメッシュ)である。対象期間は2019年4月1日～2020年3月31日であり、2019年7月5日～2019年7月8日、2020年2月18日～2020年2月19日の6日間は通信の不具合、システムメンテナンス等の影響でデータが欠損しているため分析対象から除外する。表-1に本研究で用いたデータの概要を示す。また、図-1に対象期間の発生交通量を示す。

### (2) 拠点メッシュの判定

トリップチェーンを抽出するために、まず ID ごとの拠点メッシュを特定する。本研究では、対象期間にデータが存在する出発地、到着地の中で最も多く観測された3次メッシュ番号をその ID の拠点メッシュと定義する。

### (3) トリップチェーンの抽出

本研究では、拠点メッシュを出発して再び戻ってくるまでのトリップのつながりをトリップチェーンと定義する。また、トリップを開始してから拠点に戻ってくるまでのトリップ数、走行時間が異常なものは拠点メッシュが適切に判定されていないと考えられる。そこで、拠点メッシュを出発して再び戻ってくるまでの走行時間が24時間以内のトリップチェーンを分析対象とする。また、拠点を発して再び戻るまでの間にトリップ同士のメッシュ番号が繋がっておらず、欠損しているデータは除外する。

### (4) 行動パターンの類似性の評価

本研究では、個人の行動パターンの類似度の指標として、Jaccard 係数、トリップパターン一致率の2つを用いる。Jaccard 係数は、以下の式で表され、Jaccard 係数が大

表-1 分析データ概要

項目	内容
データ日数	360日
総トリップ数	8,011,177
総ID数	19,556
メッシュ数	17,377
ODペア数	725,660

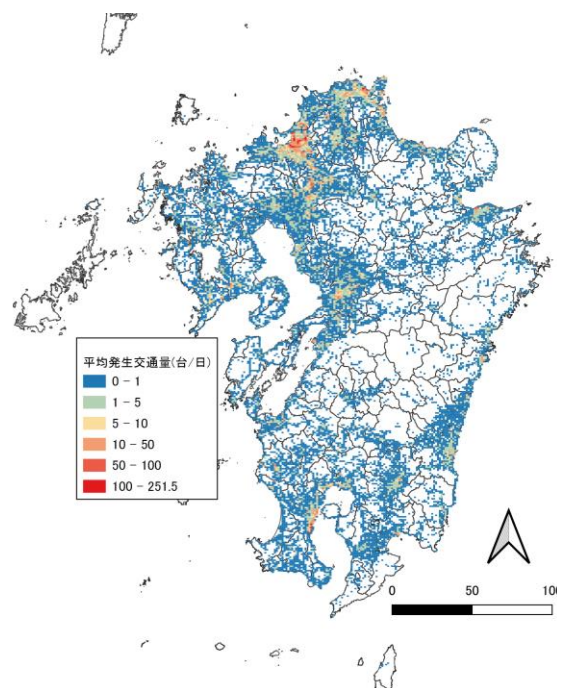


図-1 1kmメッシュ単位の日平均発生交通量(台/日)

きいほど (0~1) 2つの集合の類似度は高いといえる。

$$jaccard(a,b) = \frac{a \cap b}{a \cup b} \quad (1)$$

ここで、a, bはそれぞれのトリップチェーンに含まれるメッシュ番号である。Jaccard 係数を用いることによって、拠点に再び戻るまでのトリップ数が異なるトリップチェーン同士での類似性の評価が可能となる。既存研究<sup>7)</sup>では、公共交通利用者の異なる利用者間の行動パターンの類似性の高さの指標として Jaccard 係数を用いていたが、本研究では、ある貨物車両の1年間の日々の行動パターンの類似性に着目し、ある車両が毎回似たような目的地を通過しているかどうかを判定するための類似性の指標として用いる。算出の手順としては、ある ID に存在する全てのトリップチェーンから、総当たりの組み合わせごとに Jaccard 係数を算出し、平均した値をその ID の Jaccard 係数と定義する。しかしながら、Jaccard 係数では行動パターンの順番が類似しているかどうかを評価することはできない。そこで、トリップパターン一致率指標も用いる。トリップパターン一致率は、ある ID が対象期間で出現する全てのトリップチェーンのうち、最も多く出現したトリップチェーンが占める割合と定義する。

### 3. 基礎分析

#### (1) 拠点メッシュの抽出結果

図-2に拠点メッシュの判定結果の一例として、最も拠点メッシュ数が多い福岡県における拠点メッシュを示す。最も多く拠点と判定されたメッシュは福岡市東区(50303353)が含まれており、福岡貨物ターミナルをはじめとした多くの物流施設<sup>注1)</sup>が存在している影響で商用車の出発台数が多いと考えられる。その他のメッシュに

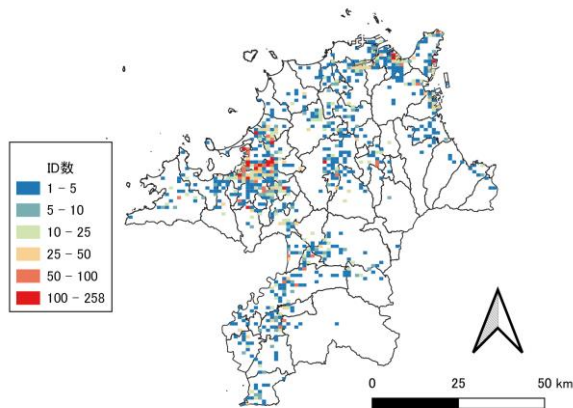


図-2 福岡県における拠点メッシュ

関しても、物流施設が多く存在しているメッシュにおいて拠点と判定された ID 数が多い傾向がみられた。

また、図-3に物流施設が含まれる拠点メッシュにおける、物流拠点数を示す。拠点メッシュにおいて、保税地域である物流拠点数が最も多く、次いでトラクターミナルである物流拠点数が多いことが示された。したがって、九州内において、外国貨物を運搬する商用車が多いのではないかと推察される。

表-2 県別の拠点メッシュ数

県	メッシュ数	物流施設を含むメッシュ数
福岡	821	108
佐賀	183	29
長崎	130	23
熊本	280	27
大分	155	17
宮崎	203	19
鹿児島	280	33

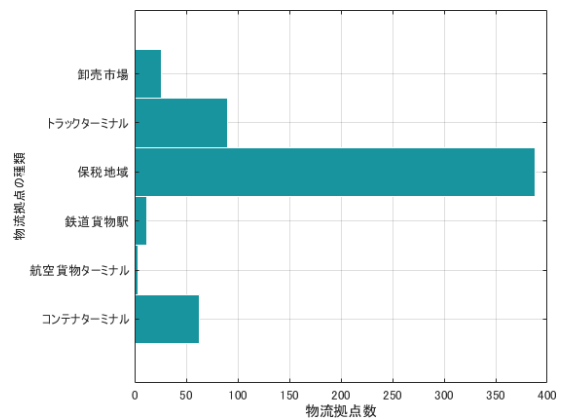


図-3 物流施設の内訳

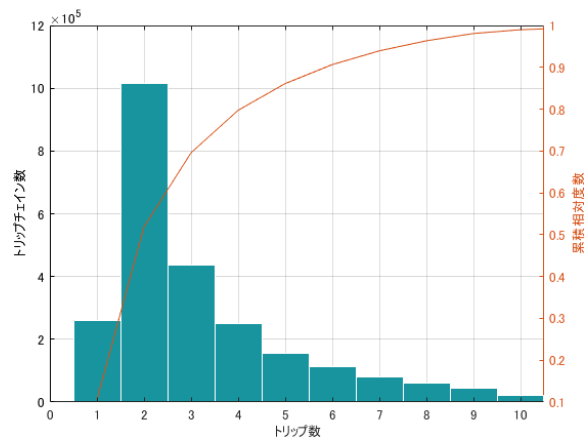


図-4 トリップ数の分布

(2) トリップチェーンの特徴

判定結果から、220,7631 のトリップチェーンが抽出された。1 トリップチェーンあたりのトリップ数の分布を 図-4 に示す。拠点メッシュを出発してから再び拠点メッシュに戻るまでに、目的地を 1 回経由するトリップチェーンが最も多く存在している。さらに、トリップ数が増加するほどトリップチェーン数は少なくなる傾向が示された。

また、表-3 に対象期間に観測されたトリップパターンの上位 5 つを示す。本研究において最も多く観測されたトリップチェーンは 47301492→47301451→47301492 であり、鹿児島市谷山港が含まれるメッシュ～周辺に鹿児島港、発電所が存在するメッシュの移動であることが明らかとなった。そのためこれらのトリップパターンを含む

車両は、海運コンテナを輸送する車両であると推察される。

(3) 走行距離・走行時間

図-5 に、1 トリップチェーンあたりの走行距離の分布を示す。また、平均走行距離は 87.89km である。走行距離が長いほどトリップチェーン数は減少する傾向にある。また、走行距離が 300km 以上のトリップチェーンも存在し、そのような車両は一般道だけではなく、高速道路も利用していることが推察される。

次に、図-6 に 1 トリップチェーンあたりの走行時間の分布を示す。平均走行時間は 145.18 分である。走行時間が短いトリップチェーンのほとんどが 1 トリップ、2 トリップのものであり、3 トリップ以上のトリップチェイ

表-3 観測数の多いトリップパターン

トリップパターン	内容	トリップチェーン数
47301492→47301451→47301492	鹿児島市→鹿児島市→鹿児島市	9924
49307470→50303306→49307470	福岡県久留米市→福岡市博多区→久留米市	8268
50313220→50313201→50313220	中津市→中津市→中津市	7425
50306751→50303302→50306751	北九州市→福岡市博多区→北九州市	6576
49307214→50303306→49307214	佐賀市→福岡市博多区→佐賀市	6065

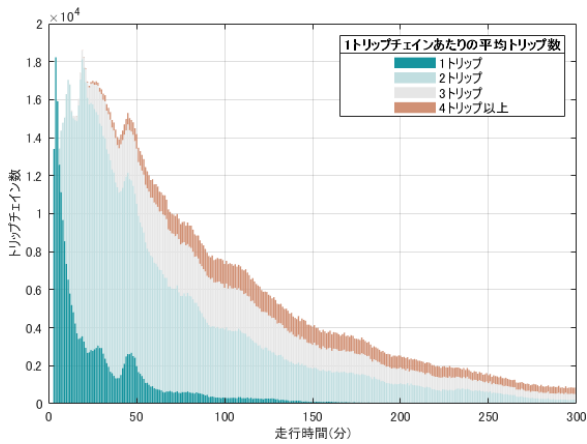


図-5 トリップチェーンの走行時間の分布

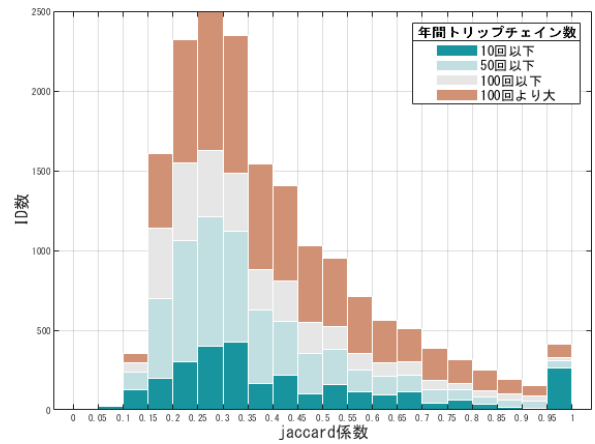


図-7 Jaccard 係数の分布

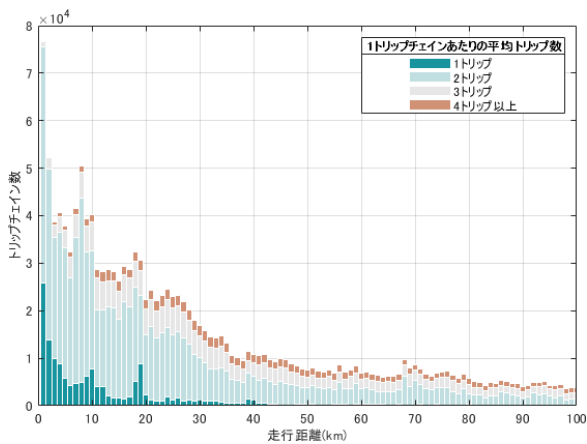


図-6 トリップチェーンあたりの走行距離分布

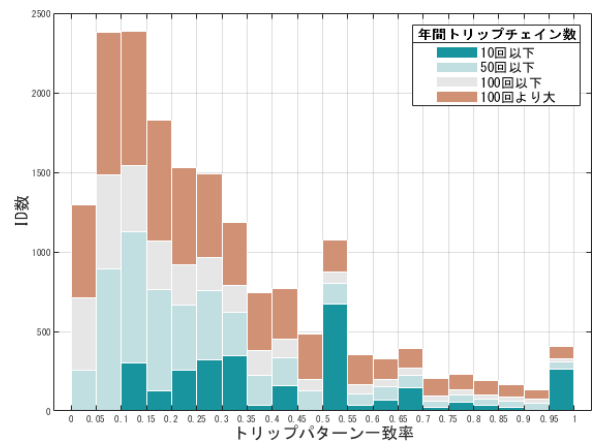


図-8 トリップパターン一致率の分布

ンは走行時間が長いものが多いことが示された。また、走行距離、走行時間はトリップチェーンによって長さの傾向に違いがあることが明らかとなった。

(4) 類似性の傾向

図-7、図-8 に、Jaccard 係数、トリップパターン一致率の分布を ID のトリップチェーン数で色分けした図を示す。Jaccard 係数は 0.2~0.3 に分布が集中し、トリップパターン一致率は 0.1~0.2 に集中している。また、Jaccard 係数が 0.6 以上と、対象期間のうちに出現するトリップパターンの類似度が比較的高い ID も多く存在し、それらの車両は対象期間に類似した行動パターンを取ることが示唆された。また、トリップチェーン回数が多く、Jaccard 係数、トリップパターン一致率もともに高い ID は、ルート配送の業務である車両が多く含まれていることが推察される。

4. 非階層クラスター分析

商用車がどのようなトリップパターンの特性を持っているか把握するために ID 別の分類を k-means 法による非階層クラスター分析により行う。

まず、非階層クラスター分析に用いた説明変数について説明する。本分析では対象期間にどれくらいトリップチェーンが観測されたかを意味するトリップチェーン数、1 トリップチェーン当たりの平均トリップ数、平均走行距離、Jaccard 係数、トリップパターン一致率の 5 つの変数を用い、クラスター数を 5 と設定した。また、それぞれの変数はスケールが異なるため、平均値 0、標準偏差 1 の標準化した値を説明変数に用いる。クラスター分析による結果の統計量を表-3 に示す。

次に、各クラスターにおける考察を行う。図-10 に ID 毎のトリップチェーン数の箱ひげ図を示す。クラスター 4 に分類された ID は、他のクラスターと比較して対象期間の中で多くのトリップチェーンが観測される ID が多い傾向にあることが示された。また、図-11 に 1 トリッ

表-3 クラスター分析結果

	1	2	3	4	5
トリップチェーン数	-0.144	-0.196	-0.163	2.8	-0.127
平均トリップ数	1.711	0.314	-0.252	-0.412	-0.597
トリップチェーン距離	0.285	2.059	-0.204	-0.471	-0.528
Jaccard 係数	-0.746	-0.091	-0.352	0.396	1.591
トリップパターン一致率	-0.638	-0.373	-0.478	0.01	1.105

プチェーン当たりの平均トリップ数の箱ひげ図を示す。クラスター 1 に分類された ID は、平均トリップ数が大きく、1 トリップチェーン当たり、複数箇所の目的地を通過する傾向にあることが示された。また、図-12 に 1 トリップチェーン当たりの平均走行距離の箱ひげ図を示す。クラスター 2 に分類された ID は、1 トリップチェーン当

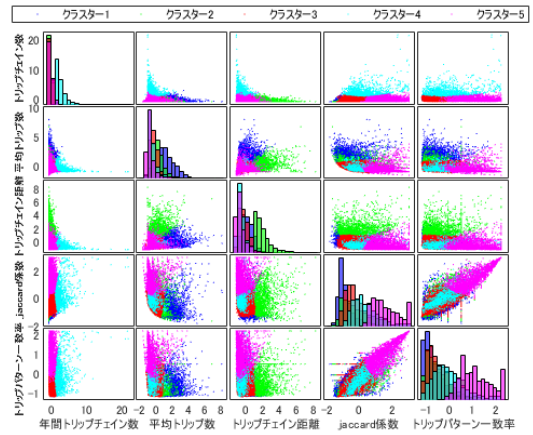


図-9 説明変数の行列散布図

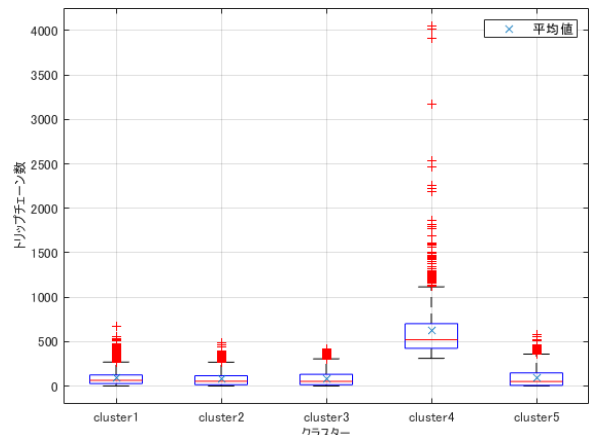


図-10 クラスター別の ID 毎のトリップチェーン数

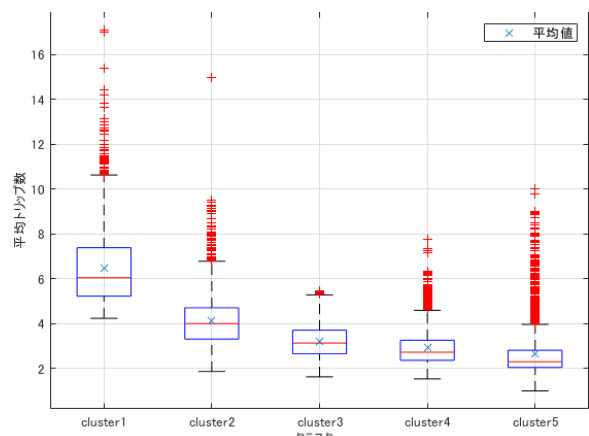


図-11 クラスター別の ID 毎の平均トリップ数

たりの走行距離がかなり長く、高速道路を利用している車両が多いことが推察される。次に、**図-13**、**図-14** に Jaccard 係数、トリップパターン一致率の箱ひげ図を示す。クラスター5に分類されたIDは、Jaccard 係数、トリップパターン一致率が高い傾向にあり、ルート配送を行っている車両であることが推察される。また、クラスター3に分類されたIDは、いずれの値も小さい傾向にあることが示された。本研究では、クラスター1を「目的地複数経由型」、クラスター2を「長距離走行型」、クラスター3を「行動パターン非類似型」、クラスター4を「拠点複数出発型」、クラスター5を「行動パターン類似型」と呼ぶことにする。

**図-15** に、クラスター別の総トリップ数の日別推移を

示す。全てのクラスターにおいて、平日と比較して土日、祝日に総トリップ数が減少する傾向がみられた。これは仕事休みの影響によるものであると考えられる。また、無個性型であるクラスター3、行動パターン類似型であるクラスター5において、3月に総トリップ数が増加する傾向にあることが示された。これは、引越シーズンによる影響、もしくは新型コロナウイルスの影響により行動パターン非類似型であるクラスター3、行動パターン類似型であるクラスター4のトラック輸送の需要が高くなったのではないかと推察される。

**図-16** に、クラスター別の時間帯別拠点出発開始台数を示す。目的地複数経由型のクラスター1は、6時、13時台に出発する車両台数が非常に多い。よって、複数回

表-4 クラスターの傾向

クラスター	傾向	クラスター名
1	目的地を複数回通過して拠点に戻る	目的地複数経由型
2	長距離走行した後に拠点に戻る	長距離走行型
3	目的地経由数が少なく、類似度の低い行動パターンをとる	行動パターン非類似型
4	トリップチェーンが多く観測される	拠点複数出発型
5	毎回似た行動パターンをとる	行動パターン類似型

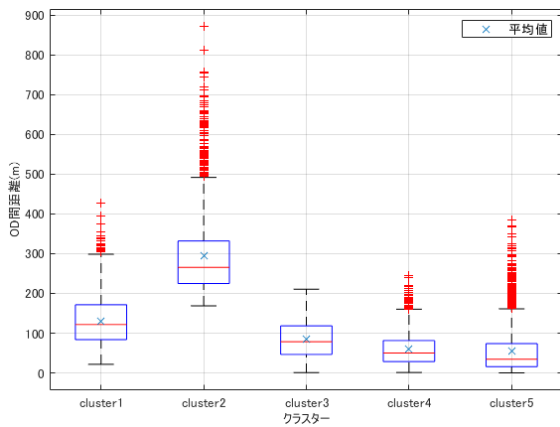


図-12 トリップチェーン当たりの平均走行距離

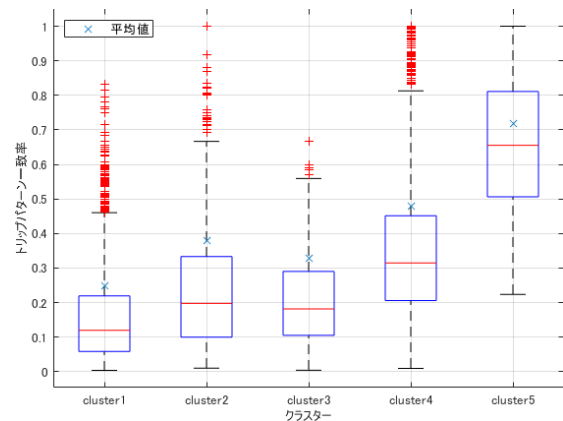


図-14 トリップパターン一致率

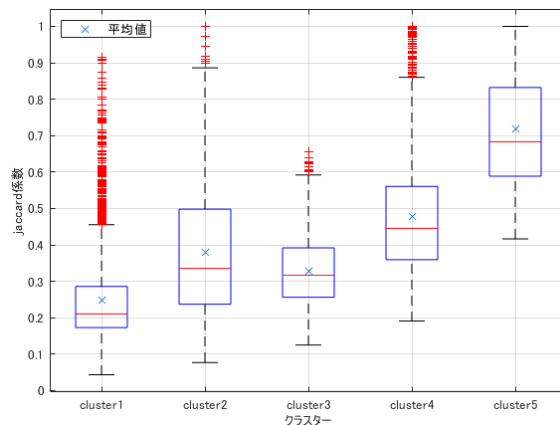


図-13 jaccard係数

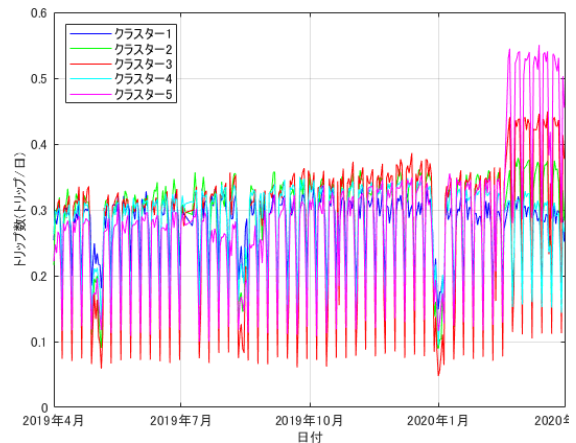


図-15 日別総トリップ数割合推移

経路型の車両は拠点出発時間が同時間に集中していることが推察される。長距離走行型のクラスター2は、5時台に車両台数が多く、長距離型の車両であるため、交通量が少ない時間帯に拠点を出発し高速道路を利用しているのではないかと推察される。行動パターン非類似型のクラスター3は、比較的中に出発する車両が多い。拠点複数出発型のクラスター4は、出発台数が大幅に減少する時間帯はなく、複数回拠点出発型の車両はID、トリップチェーン毎に出発時間にばらつきがあることが示された。行動パターン類似型のクラスター5は、15時台に多く、夕方に出発台数が増加する傾向がみられた。このように、クラスターごとに拠点を出発する時間帯の傾向が異なることが示された。

図-17 にクラスター別の日平均発生交通量が 10(台/日)以上に関する箱ひげ図を示す。クラスター4において四分位範囲が大きく、発生交通量が大きいメッシュが多い傾向にあることが示された。クラスター4は、トリップチェーン数が多い傾向の車両であり、Jaccard 係数とトリップパターン一致率も高いため、それらが要因となって発生交通量が多い傾向にあると考えられる。

また、図-18 に行動パターン非類似型であるクラスター3に関する、月別のOD交通量の5(台/日)以上のODペアの箱ひげ図を示す。他の月と比較して、12月、1月、3月にOD交通量は増加する傾向にあることが明らかとなった。また、他のクラスターに関しては行動パターン類似型のクラスター5に関しても2月、3月に増加する傾向がみられたが、他のクラスターでは月によるOD交通量の傾向の違いはほとんどなく、全クラスターの中でも、無個性型の車両がOD交通量の月による傾向の違いが大きいことが明らかとなった。これは、総トリップ数の増加要因と同様に、年末年始のイベントや引っ越し等の影響による影響で無個性型の車両の需要が増加したためであると考えられる。

## 5. 結論

本研究では、商用車の行動パターンの特徴を把握することを目的に、デジタルタコグラフデータを用いて九州全域を対象に行動の分析を行った。主に以下のような結果が得られた。

- 1) 拠点を出発して再び戻るまでをトリップチェーンと定義した場合、2トリップ(目的地を1箇所通過)のトリップチェーンが多い。
- 2) Jaccard 係数、トリップパターン一致率は 0.2~0.3 に集中しているが、IDによっては値が大きく、1年を通じて同じような行動パターンを取っていると示

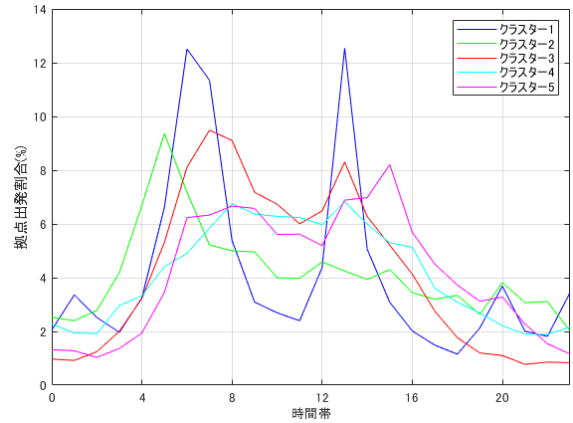


図-16 時間帯別拠点出発台数割合推移

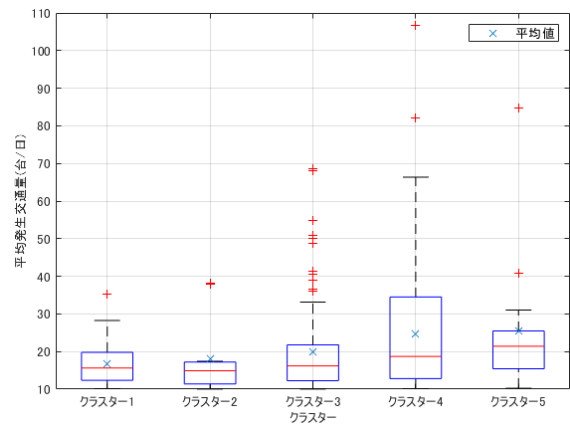


図-17 日平均発生交通量

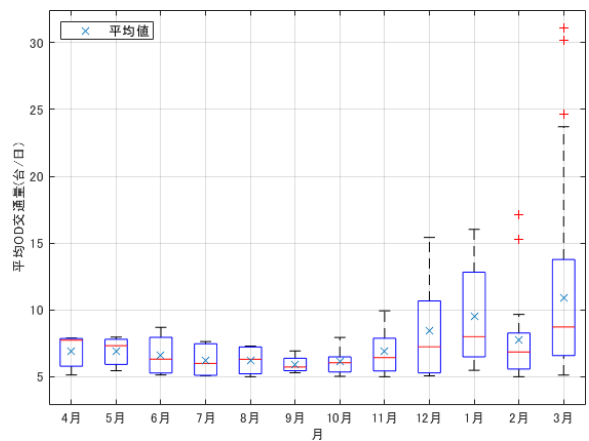


図-18 月別のOD交通量

- 3) 総トリップ数は土日、祝日に減少する傾向にある。
- 4) 走行距離、トリップ数、トリップチェーン数ともに小さく、類似度の低い行動パターンをとる商用車、1年間で似たような行動パターンをとる商用車

は、3月に総トリップ数が増加傾向にある。

- 5) 長距離走行のトリップチェーンが観測される商用車は拠点出発時間が午前5時に多い傾向にある。
- 6) 1トリップチェーンあたり複数の目的地を通過する商用車は拠点出発時間に類似した傾向が見られ、6時、13時に出発時間が多い。
- 7) 1年間で類似度の低い行動パターンをとる商用車は1月～3月においてOD交通量が増加する傾向にある。

## NOTES

注1) 国土数値情報ダウンロードサービス

<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html#chiiki>

## REFERENCES

- 1) 瀬山峻貴, 秋田直也, 小谷通泰: デジタル式運行記録計データを用いた鉄道コンテナ集配トラックの運行挙動に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75, No.5, I\_659-I668, 2019
- 2) Siripirote, T., Sumalee, A., and Ho, H.W.: Statistical estimation of freight activity analytics from Global Positioning System data of trucks, *Transportation Research Part E*, Vol. 140, 101986, 2020.
- 3) 玉川大, 横田考義, 前川和彦, 河本一郎: プローブデータおよびETCデータを活用した都市内定期集配車両の行動特性に関する研究, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5, I\_715-I726, 2011
- 4) 鳥居裕乃介, 小早川悟, 菊池浩紀: 貨物車の走行データと路上駐車実態データを用いた貨物車集中地区の実態分析, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.75, No.6, I575-I\_582, 2020
- 5) Akter, T. and Hernandez, S.: Representative truck activity patterns from anonymous mobile sensor data, *International Journal of Transportation Science and Technology*, in press, 2022.
- 6) Joubert, J. W. and Meintjes, S.: Freight activity chain generation using complex networks of connectivity, *Transportation Research Procedia*, Vol. 12, 425-435, 2016.
- 7) 細江美欧, 桑野将司, 森山卓, 宮崎耕輔, 伊藤昌毅: 交通系ICカードデータからの類似行動の抽出, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.76, No.5, I\_957- I-956, 2021
- 8) 西内裕晶, 轟朝幸: 交通マーケティング手法検討のためのICカードデータを活用した利用者行動特性の把握, 土木学会論文集 F3 (土木情報学), Vol.68, No.2, II\_8-II\_17, 2012
- 9) 前田涼輔, 円山琢也: 商用車プローブデータを利用したOD交通量の変動特性分析, 第65回土木計画学研究発表会, 2021

(Received September 30, 2022)

## ANALYZING ACTIVITY PATTERNS OF COMMERCIAL VEHICLES USING PROBE DATA

Ryosuke MAEDA and Takuya MARUYAMA