メッシュ特性を考慮した 商用車の行動パターン分析

前田　凉輔[1]・円山　琢也[2]

[1]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

[2]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)

オンラインショッピングの普及等により貨物輸送の行動特性は大きく変化しており，輸送の効率化に向けて，地域特性毎の行動パターンの実態把握は重要である．近年では，プローブデータの普及により商用車の行動特性を分析することが容易となり，オープンデータから得られるメッシュの地域特性別の行動パターンを把握することが可能となった．そこで本研究では，メッシュ特性を考慮した九州内の商用車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，1) 商業地域が多く含まれるメッシュは発生交通量が多いこと，2) 工業地域が多く含まれるメッシュは 1 年間を通して空車率が低く，効率的な貨物輸送がなされている可能性が高いこと，3) トリップチェインに着目すると類似した地域特性のメッシュ間での移動が多いこと等が明らかとなった．

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

1. はじめに

(1) 研究背景と目的

効率的で環境に優しい物流システムの構築は，現代の都市生活には欠かせない．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，貨物需要は増加傾向にある．これに加え，物流業界では労働力不足・長時間労働が問題となっており，働き方改革等の法改正による影響から，物流事業者は政策変更に対処する必要があり，「物流業界の 2024 年問題」と呼ばれる重要な政策課題となっている．また，日本政府はカーボンニュートラルを目指すことを宣言し，2030 年度の温室効果ガスの排出削減目標を国際社会に向けて表明している．物流業界においてもカーボンニュートラル実現に向けて，2030 年の CO2 排出原単位を 2005 年度比で 31%削減させるという目標を掲げている[注 1)]．これらの物流業界の現状から，限られた労働力のもとで配送の効率化を進めることが重要である．

近年では，これらの課題に対処するためにビッグデー利活用が期待されている．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，プローブデータが普及し，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．新たな施策立案のためには，現状の商用車の行動特性の実態把握が重要である．また，宅配の普及等によって，物流が人々の生活にとって身近となる一方で，商用車の住宅地への流入や路上駐車等は，移住環境の悪化・交通混雑など，人々の生活の安全性や快適性を損なう原因となりうる．そのため，土地利用と対応付けて物流の実態を把握することは重要である．商用車の行動パターンは，用途地域や物流拠点の有無等の地域特性によって異なることが考えられる．

そこで，本研究ではプローブデータを用いて九州内を発着する商用車における地域特性毎の行動特性を明らかにすることを目的とする．具体的には，トリップ出発の月・曜日・時間変動，空車率，OD 走行距離，滞在時間，トリップチェインの特徴について，地域特性別の違いを明らかにする． また，本研究では仮説探索型のアプローチを採用する．ビッグデータのみでは把握できる情報に限界があるという課題を認めつつも，利用できるデー

タの情報を最大限活用し，効率的な物流システムの構築の一助となる知見を探索する．

(2) 既存研究のレビューと本研究の位置づけ

商用車プローブデータを活用した研究は複数みられる．鳥居ら[1]は，東京都市圏物資流動調査のプローブデータと警視庁交通部の路上駐車実態データを用いて，東京都内における貨物車集中地区の実態分析を行った．その結果，用途地域等の地区の特徴の違いに応じ，荷捌き施設の確保や貨物車の需要を削減する個別の対策が必要になることが明らかとなった．新部ら[2]は，プローブデータを用いて東京都市圏の貨物車の行動パターンの実態を把握し，非集計行動モデルを用いて 1 日のツアータイプの選択モデルを推定した．その結果，都市の規模・構造によって必要となるトラックやツアータイプの分布が変わることが明らかとなった．Zhou ら[3]は，ツアータイプ，停車回数に着目し，計 4 パターンのツアー選択モデルを構築した．その結果，貨物の種類，用途地域の種類，貨物の重量や走行速度が，都市圏における貨物車のツアータイプ選択に強く影響していることが明らかとなった．また，空車率に着目した研究もいくつかみられる．Ba'rbara da Costa Rodrigues ら[4]は，ブラジルにおいて走行する空車のトラックを減少させるために，最適な行動パターンを導出するための組み合わせ最適化問題を検討した．その結果，提案されたアプローチによって，空車のトラック数減少，港湾地域や汚染ガス排出の削減に貢献することが示唆された．Ganna Samchuk ら[5]は，輸送プロセスのパラメータがトラックの稼働率に与える影響を分析した．また，注文量を考慮し，トラックの大きさを決定する回帰モデルを構築した．さらに，輸送距離，車両台数，注文量に基づいた車両利用率を推定する回帰モデルを構築した．

このように，商用車プローブデータを活用した研究，空車状況に着目した研究は複数存在する．しかし，地域特性毎の月別，週別，時間帯別の行動パターン・空車率を詳細に分析した研究は筆者の知る限り存在しない．また，筆者らはこれまで同種のデータを活用し商用車の行動特性の分析を行ってきたが[6][7]，地域特性に着目した分析は行っていない．本研究は，それらの実態把握を試みる．

(3) 論文の構成

ここで，本文の構成について述べる．1.では，本研究での背景，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.では基礎分析結果を述べ，九州内での用途地域・物流拠点の実態を示す．4.ではクラスター分析を行い，クラスター毎の行動特性や空車率の比較を行う．5.で既存研究との比較を行う．6.で本研究の成果を述べる．

2. データと分析手法

(1) 使用データ・対象地域

本研究で用いたデータは，株式会社トランストロン[注2)]より提供を受けた商用車プローブデータである．プローブ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，最大積載量 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

表-1 分析データの概要

項目	データ数
データ日数(日)	360
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
トリップチェイン数	2,458,217

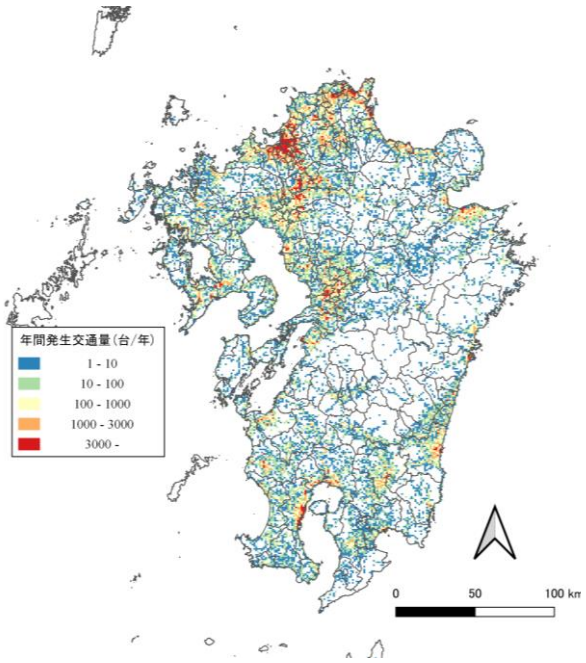


図-1 年間発生交通量

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上記の日程に出発するトリップは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** に対象期間における 3 次メッシュ別の年間発生交通量を示す．

(2) トリップチェインの判定

本データに含まれている車両 ID によって，個々の車両の道路利用状況の継続的な分析が可能である．そこで本研究では，既存研究 [6]と同様の方法で OD データからトリップチェインを推定した．まず，トリップチェインを抽出するために，ID 毎の拠点メッシュを推定する．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る 3 次メッシュ番号をその ID の拠点と定義する．また，拠点メッシュを出発して再び戻るまでのトリップの連鎖をトリップチェインと定義し，再び拠点に戻るまで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．さらに，走行時間が過度に長いトリップチェインについては，精度の高い推定がなされていないと判断した．具体的に，拠点を出発して再び戻るまでの走行時間が 24 時間以内のトリップチェインを本研究の分析対象とする．

(3) 空車率の算出

本研究では，トリップの空車状況に着目した分析も行った．空車状況の判定法については，ドライバーのボタン操作によりトリップ毎の実車・空車の情報が切り替わる．また，不明はボタン操作ができない車両のトリップである．**表-2** に，実車，空車，不明トリップの総トリップ数を示す．また，本研究において，空車状況の定量的な指標として空車率を用いる．空車率は既存研究 [7]と同様に以下の式で定義し，空車率が大きいほど輸送効率を改善させる必要がある可能性が示唆される．

$$空車率 = \frac{空車トリップの走行距離}{空車 + 実車トリップの走行距離}$$

(4) メッシュデータ

本研究では，メッシュ別（1km メッシュ）の地域特性としてオープンデータを利用し，国土数値情報[注 3)]から得られる用途地域・物流拠点の位置情報データを利用した．なお，用途地域の年次は，商用車のデータと同じ 2019 年，物流拠点は利用可能な最新データであった 2013 年のものを使用した．また，用途地域外においても，工場などが計画的に立地した工業用地が存在するため，用途地域に含まれていない工業用地の位置情報データも利用した．得られたデータは後述する 12 種類の用途地域と 7 種類の物流拠点に分類される．なお，物流拠点は本来ポリゴンで表現される情報をポイントデータとして集約して表現されている．よって，ポイントが含まれるメッシュだけでなく，周辺のメッシュでも同じ物流拠点からの貨物移動がなされている可能性がある．ポイントデータには規模の情報も含まれているが，物流拠点の中で規模の大きさが表記されている拠点は九州全体のうち，6.06%（1139 拠点中 69 拠点）と限られたデータとなっている．よって本研究では，物流拠点の規模は一律にポイントデータから半径 250m の範囲と仮定し，その円に含まれるメッシュは物流拠点が含まれているとした．

3. 基礎集計

(1) 用途地域別の商用車移動パターンの特徴

九州における土地利用形態別の商用車の移動パターンの実態を把握するために，用途地域別の特徴を示す．まず，各用途地域のトリップの発生量に着目する．本章の分析においては，用途地域毎の大まかな特徴を把握するために，あるメッシュ内で面積が最大の用途地域をそのメッシュの用途地域と定義した．なお，より詳細な地域特性を考慮するために 4 章ではメッシュに含まれている各用途地域の面積を考慮した分析を行う．**図-2** に，用途地域別の年間発生トリップ数を示す．用途地域が含まれているメッシュの中では，準工業地域を出発地とするトリップが多い．また，商業地域メッシュにおいて，物流施設が含まれているメッシュを出発する割合が高い傾向が見られた．また，**図-3** に 1 メッシュ当たりの平均発生交通量を示す．商業地域が含まれるメッシュの発生交通量が最も多い傾向がみられた．よって，九州地方では用途地域の中でも，商業地域への搬入搬出が多いという可能性が示唆された．また，工業系の 3 地域も同様に発生交通量が多く，それらのメッシュを出発するトリップは，

表-2 属性別の総トリップ数

項目	総トリップ数
空車	1,171,788
実車	4,157,673
不明	2,681,716

工場での原材料の運搬や製品の出荷を目的としたものが多数含まれることが推察された．

(2) 物流拠点の特徴

図-4，**図-5** に，物流拠点の種類別の総トリップ数，1 メッシュ当たりの平均発生交通量を示す．また，用途地域と同様に，あるメッシュ内で面積が最大の物流拠点バッファをそのメッシュの物流拠点の種類と定義した．保税地域バッファが含まれているメッシュにおける総トリップ数が最も多く，外国貨物を管理する物流拠点を出発する商用車が多いという実態を把握することができた．次いで，トラックターミナルにおける総トリップ数・年間発生交通量が多い傾向がみられた．トラックターミナルは多様な貨物を積載する大型トラックと，集荷・配達を行う中型・小型トラック間の貨物の積み替えを行う施設であることから，トラックターミナルが含まれているメッシュにおける出発前後で商用車の車両サイズ・積載物が変更されている可能性が推察される．

4. 非階層クラスター分析

本研究では，地域特性毎に商用車がどのような行動特性を持っているのかを把握するためにメッシュの分類を k-means 法による非階層クラスター分析により行った．また，距離計量には 2 乗ユークリッド距離を用いた．

まず，非階層クラスター分析に用いた説明変数について述べる．本分析では 1 メッシュ当たりに含まれる用途地域の面積（12 種類）・工業用地の面積・物流拠点バッファの面積の計 14 列を説明変数に用いた．また，クラスター数を 8 と設定した．**図-6**，**図-7**，**表-3** にクラスター分析によるメッシュの分類結果，クラスター別の説明変数の箱ひげ図，基礎集計結果を示す．クラスター1 はいずれの説明変数の値も小さく，物流拠点・用途地域の特色が小さいメッシュが含まれている．クラスター2 は近隣商業地域・商業地域の面積が大きいメッシュが含まれている．クラスター3 は物流拠点バッファ・準工業地域の面積が大きいメッシュが含まれている．クラスター4 は物流拠点バッファ・工業専用地域の面積が大きいメッシュが含まれている．クラスター5 は第二種中高層住居専用地域の面積が大きいメッシュが含まれている．クラスター6 は第一種低層住居専用地域の面積が大きい

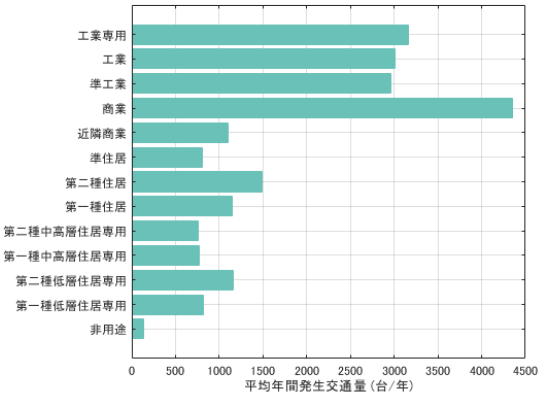


図-3 1 メッシュ当たりの平均年間発生交通量

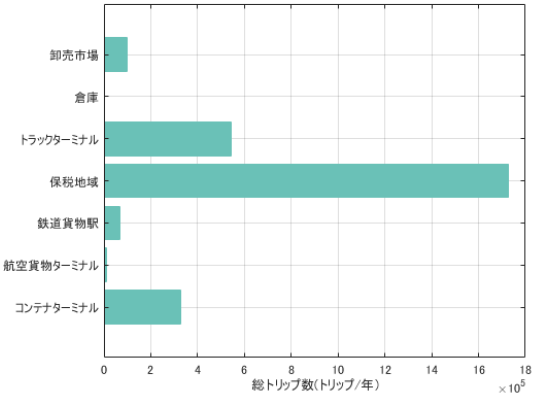


図-4 物流拠点別の年間発生トリップ数

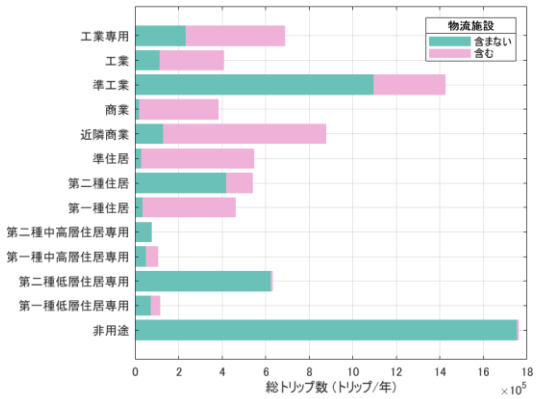


図-2 用途地域別の年間発生トリップ数

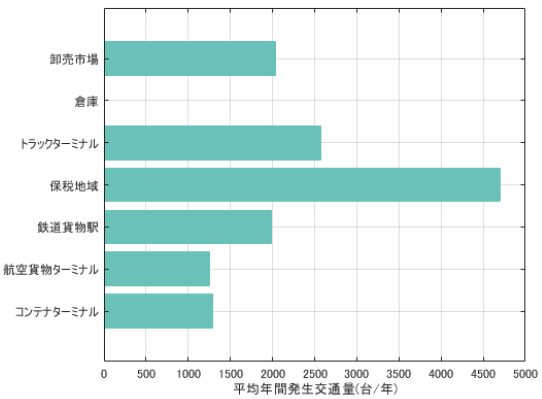


図-5 1 メッシュ当たりの平均年間発生交通量

メッシュが含まれている．クラスター7 は，第一種中高層住居専用地域の面積が大きいメッシュが含まれている．クラスター8 は，第一種住居地域の面積が大きいメッシュが含まれている．

本研究ではこれらの説明変数の傾向から，それぞれのクラスターを**表-3** に示すように呼称する．

まず，クラスター別の時系列の行動を比較する．**図-8**, **図-9** に各クラスターの発生トリップ数の年間総和を100%とみなした時の月・曜日別，時間帯別における総トリップ数割合のヒートマップを示す．

月別の特徴としては，商業型（クラスター2），第一種低層住居型（クラスター6）において 2020 年 3 月に総トリップ数が増加している．よって，商業地域，第一種低層住居専用地域では，他の地域と比較して 3 月に貨物輸送の需要が高まることが推察された．

曜日別の特徴としては，いずれのクラスターも週末に総トリップ数は減少する傾向がみられた．これは，平日よりも週末に業務が休みとなる可能性が高いためである

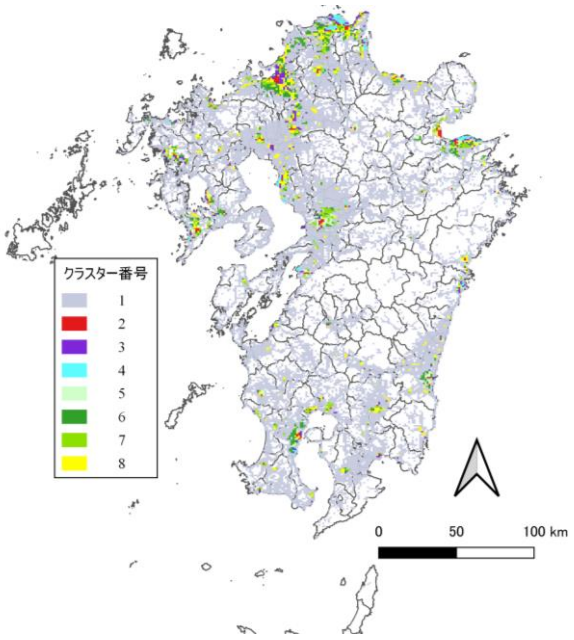


図-6　メッシュの分類結果

表-3　各クラスターの基礎集計結果と呼称

クラスター	メッシュ数	発生トリップ数	平均 OD 走行距離 (km)	平均滞在時間 (分)	呼称
1	15,269	3,383,375	26.75	154.03	非用途型
2	104	546,247	26.46	88.86	商業型
3	249	1,454,566	21.91	148.17	準工業型物流系
4	115	464,507	26.91	241.02	工業型物流系
5	169	202,714	23.50	81.47	第二種中高層住居型
6	468	514,134	20.03	123.27	第一種低層住居型
7	403	443,276	22.18	104.19	第一種中高層住居型
8	600	1,002,358	23.26	104.74	第一種住居型

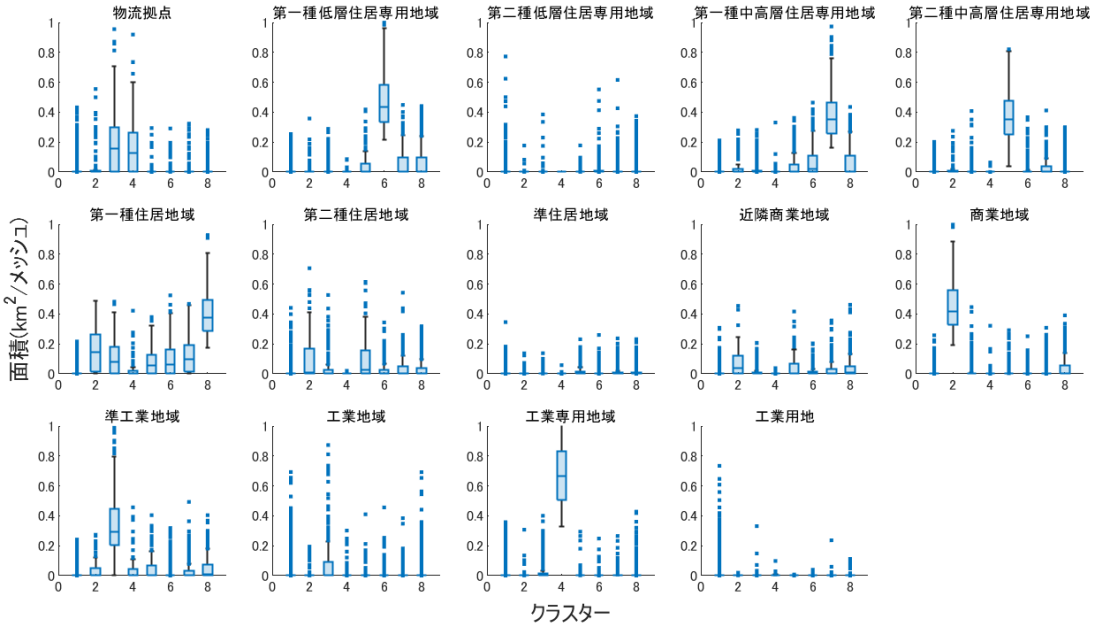


図-7　クラスター分析の説明変数の傾向

と推察された．また，工業型物流（クラスター4）で日曜日の総トリップ割合が最も低下しており，他の地域と比較して，周辺に物流拠点が存在する工業地域において週末の出発割合が減少する傾向があることが示唆された．

時間帯別の特徴としては，商業型（クラスター2）において 8～9 時台に出発する車両が集中している傾向が見られた．よって，商業地域，近隣商業地域においては 8～9 時台の貨物輸送の需要が高まることが推察された．また，準工業型物流系（クラスター3），工業型物流系（クラスター4）において 13 時台に出発する車両が集中している傾向がみられた．よって 13 時台の総トリップ数の増加は工業系の地域・物流拠点の地域特性を持ったメッシュに共通してみられる特徴であることが推察された．

次に，クラスター別の空車率に着目する．**図-10**，**図-11** に月・曜日別，時間帯別の空車率のヒートマップを示す．月別の空車率について比較すると，工業型物流系（クラスター4）は 10 月に最も空車率は低い傾向を示すことが明かとなった．よって，周辺に物流拠点が存在する工業地域においては 10 月に輸送効率が高いことが示唆された．また，全体を通して商業型（クラスター2）において空車率が高い傾向を示すことが明らかとなった．よって，他の地域と比較して，商業地域，近隣商業地域は輸送効率改善の必要性があることが示唆された．また，第二種中高層住居型（クラスター5）においては 9～17 時台の空車率が高く，日中における輸送効率改善の必要性があることが示唆された．一方で，工業型物流系（クラスター4）において空車率は低い傾向を示すことが明らかとなった．よって，周辺に物流拠点が存在する工業地域においては効率的な貨物輸送ができている可能性が示唆された．

次に，OD 走行距離に着目する．**図-12** にクラスター別の実車トリップ・空車トリップ毎の OD 走行距離の積み上げ棒グラフを示す．商業型（クラスター2），第二種

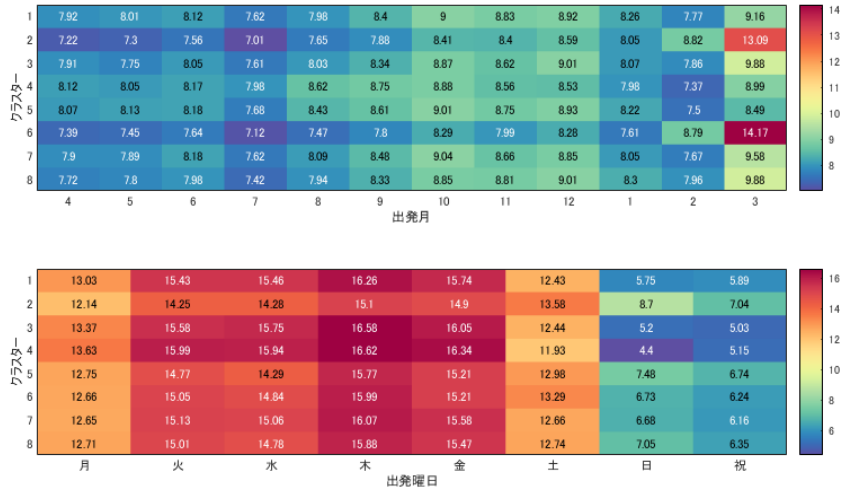


図-8　クラスター別の月・曜日別の年間トリップ数の割合
注）月～日曜日に関しては祝日以外を集計対象

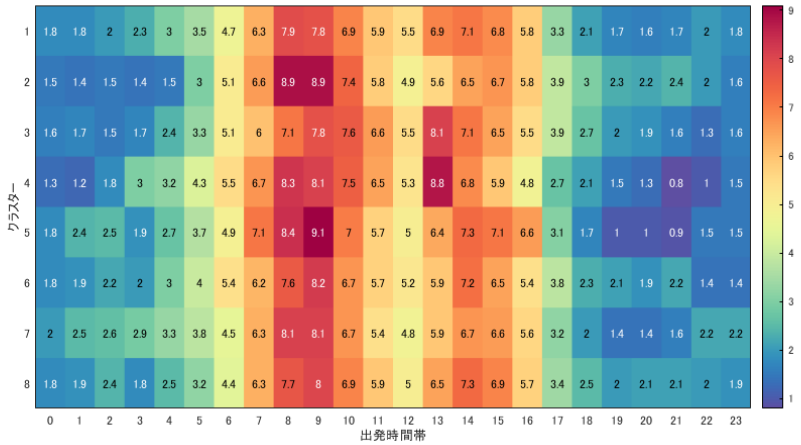


図-9　時間帯別の発生トリップ数の割合

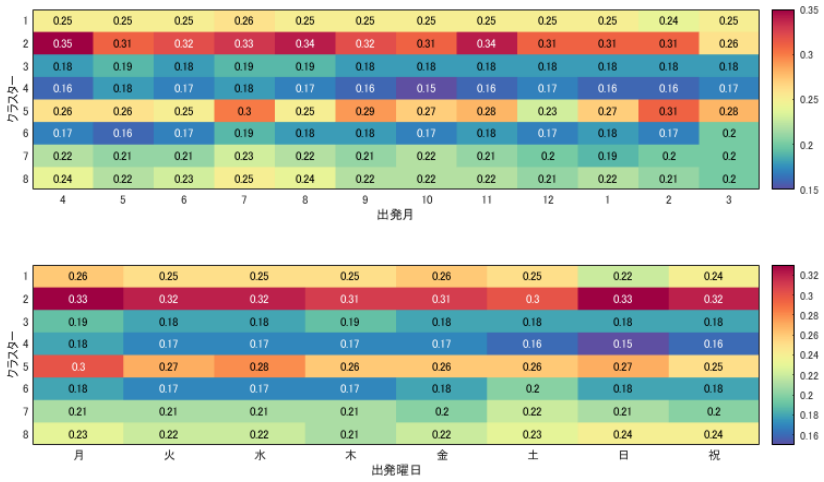


図-10　月・週別の空車率

注）月～日曜日に関しては祝日以外を集計対象

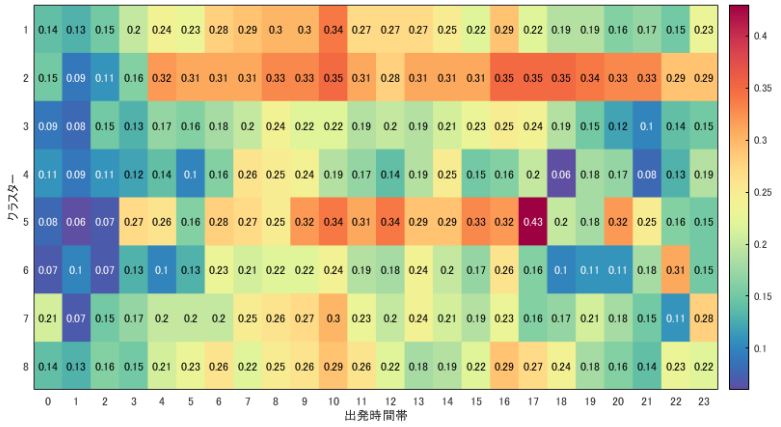


図-11　時間帯別の空車率

中高層住居型（クラスター5）において空車トリップにおける OD 走行距離 50km 以上の割合が高いことが明らかとなった．よって，空車トリップの長距離走行が多いことが商業地域，近隣商業地域，第二種中高層住居専用地域の空車率増加に起因していることが推察され，これらの非効率的な可能性のある運行を減少させることが輸送効率改善に繋がるのではないかと考えられる．一方で，第一種低層住居型（クラスター6）を出発地とする 50km 以上の空車トリップ割合は低く，第一種低層住居専用地域では他の地域と比較して，空車状態での非効率的な長距離走行が少ない可能性が示唆された．

次に，到着地における滞在時間に着目する．**図-13** に各クラスターを到着した車両の滞在時間の積み上げ棒グラフを示す．なお，本分析においてはメッシュに到着してから再び同メッシュを出発するまでの時間を滞在時間と定義した．また，拠点での滞在時間は過度に長いと考えられるため分析から除外した．グラフから，工業型物流系（クラスター4）において 60 分以上の滞在時間となるトリップ割合が最も高いことが明らかとなった．よって，他地域と比較して，物流拠点・工業専用地域での積卸・積荷時間は長い傾向にあることが示唆された．よって，そのような地域特性を持ったメッシュを到着する商用車は，大量の荷物を積載している大型のトラックである可能性が高いことが推察された．また，いずれのクラスターについても，実車トリップよりも空車トリップでの 60 分以上の滞在時間となる割合が多い傾向が見られた．よって，空車トリップにおける滞在時間を積荷，実車トリップにおける滞在時間を荷卸しによるものと仮定した場合，荷卸しと比較して，積荷における荷待ち時間が現状として課題となっている可能性が示唆された．

次に，クラスター間の行動パターンに着目する．**図-14** に 4 トリップ以内で終了するトリップチェインを可視化したサンキー図を示す．サンキー図は，要素間の接続線の太さが流量に比例するフローチャートの一種であり，

縦軸はクラスターの種類，横軸はトリップの順番を示している．縦軸の減少幅から，1 か所目的地を経由して拠点に戻るトリップチェインが多い傾向が読み取れる．また，いずれのトリップ順番においても同クラスター間での移動が多い傾向が見られた．よって，地域特性の似たメッシュが目的地として選択されやすいことが推察された．

5. 既存研究との比較

本章では，筆者らがこれまで行ったプローブデータを活用した研究と，本研究で得られた成果の比較・新たな発見について述べる．

行動パターンに着目した研究 [6]では，トリップチェインに着目した商用車の行動パターンの特徴を明らかにした．具体的な結果の例としては，目的地を 1 箇所のみ経由するトリップチェインが多いこと，日々の行動パターンの類似性が低い行動特性を持った車両は2020年3月に総トリップ数割合が増加すること，トリップチェイン当たりの走行距離が長い行動特性を持った車両は目的地での滞在時間が長い傾向にあること等が明らかにしていた．本研究では，**図-14** の傾向から，目的地を 1 箇所のみ経由するトリップチェインの中でも，非用途型メッシュを拠点とし，非用途型メッシュを 1 度経由して拠点に戻るトリップチェインが多いことが明らかとなった．また，**図-8** において商業型（クラスター2），第一種低層住居型（クラスター6）における発生トリップ数が 2020 年 3 月に増加する傾向が見られたことから，商業地域，近隣

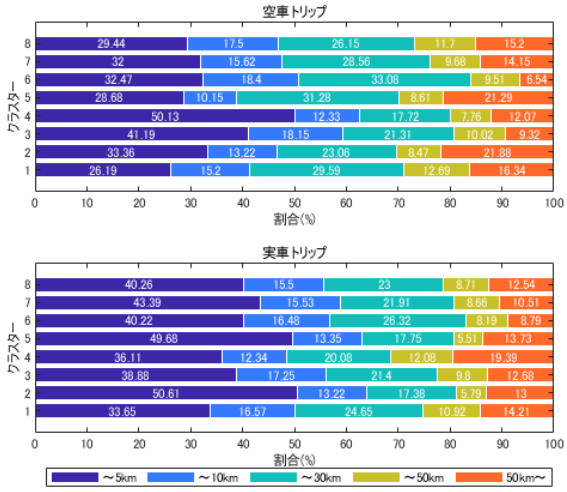


図-12 OD 走行距離の特徴

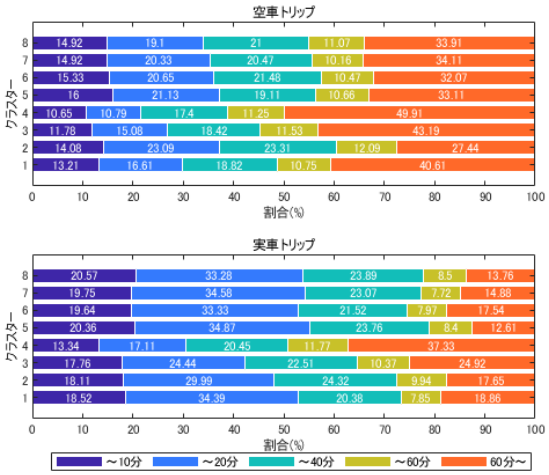


図-13 各クラスターにおける滞在時間の特徴

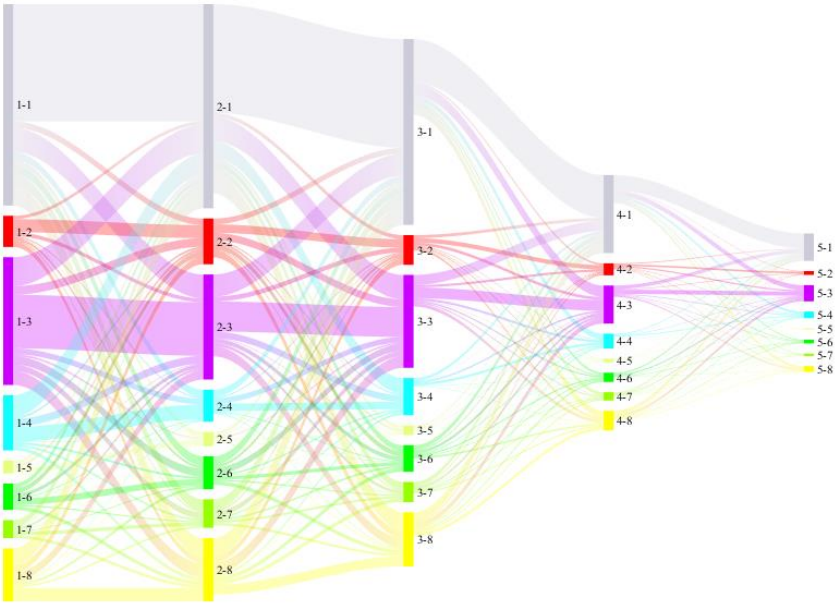


図-14 クラスター間のサンキー図

注）図中の x-y と記載されている数値で，x はトリップの順番，y はクラスター番号を示す．

商業地域，第一種低層住居専用地域を出発する車両は日々の行動パターンの類似性が低い可能性があることが示唆された．さらに，**図-13** において工業型物流系（クラスター4）に到着する車両の 60 分以上の滞在時間のトリップ割合が最も大きい傾向が見られたことから，トリップチェイン当たりの走行距離が長い行動特性を持った車両群は工業地域を経由する可能性が高いことが推察された．

空車トリップに着目した研究[7]では，日別・曜日別・時間帯別の空車率の変動の傾向や，クラスター分析によって空車率改善の可能性がある車両の行動特性，スケジュールを特定した．具体的な結果の例としては，空車率はやや 7 月に高まる傾向にあること，目的地経由数が多く，OD 走行時間が長い行動特性を持った車両群は日中よりも夜間に発生トリップ数の割合が増加すること，OD 走行時間が短い車両群はいずれの曜日，月，時間帯においても空車率が高い傾向があること等が明らかとなった．本研究では，**図-10** において商業型（クラスター2），第二種中高層住居型（クラスター5）において 7 月の空車率が高い傾向にあり，第二種中高層住居専用地域，商業地域，近隣商業地域を出発する車両によって 7 月の全体の空車率上昇に影響を及ぼしていることが推察された．また，**図-8** において地域特性別の発生トリップ数の割合はいずれも日中に増加しており，夜間に発生トリップ数の割合が増加する車両群は特定の限定された用途地域を出発していない可能性が高いことが推察された．さらに，**図-10**，**図-11** において，商業型（クラスター2）はいずれの曜日，月，時間帯においても空車率が高い傾向を示し，OD 走行時間が短い車両群は商業地域，近隣商業地域を出発している可能性が高いことが推察された．

6. 結論

本研究では，地域特性に着目した商用車の行動特性を把握することを目的に，プローブデータを用いて九州全域を対象に分析を行った．主に以下のような結果が得られた．

1) 用途地域の中では商業地域が多く含まれるメッシュにおける発生交通量が最も多い．
2) 近隣商業地域・商業地域，第一種低層住居専用地域が占める面積が大きいメッシュを出発する車両は 2020 年 3 月に大きく増加する．
3) いずれの地域特性を持ったメッシュも週末に総トリップ数は減少するが，特に工業地域・物流拠点が占める面積が大きいメッシュにおいて減少する．
4) 工業系地域が占める面積が大きいメッシュにおける総トリップ数割合は 13 時台に増加する．
5) 近隣商業地域・商業地域の地域特性を持ったメッシュを出発するトリップの空車率は高い傾向を示し，貨物輸送の効率化の必要性を示唆する．
6) 工業地域の地域特性を持ったメッシュを出発するトリップの空車率は 1 年間を通して低い傾向を示し，効率的な貨物輸送を示唆する．
7) 第二種中高層住居専用地域の地域特性を持ったメッシュにおける空車率は日中に増加する．
8) 他の地域と比較して，商業地域，近隣商業地域，第二種中高層住居専用地域の地域特性を持ったメッシュを出発する車両の空車トリップにおける長距離走行の割合が多い．
9) 物流拠点・工業専用地域の地域特性を持ったメッシュにおける滞在時間は長く，積荷・積卸に要する時間が長いことが示唆された．
10) 商用車は地域特性の似たメッシュ間での移動が多い傾向を示す．

次に，本研究の課題・限界について述べる．1 点目は，ドライバー・会社・輸送物の情報がプライバシー保護の観点から利用できないことである．物流業務は企業・部門によって異なり，行動特性にも違いがあることが推察されるが，それらの把握ができない．2 点目は，空車情報の信頼性についてである．本研究で用いたデータの空車・実車情報はドライバー個人のボタン操作によるものであり，ドライバーが操作を失念し運行する可能性も考えられる．よって，データにより得られた空車率と実態が剥離している可能性があり，空車率の妥当性の検証が必要である．3 点目は，積載率を把握することができないことである．たとえ実車での走行でも，積載率が低い場合輸送効率改善の必要性が示唆される．効率的な物流システムの構築のためには，積載率の実態を把握することも必要不可欠である．4 点目は，物流拠点の規模の妥当性についてである．本研究では全ての物流拠点の規模を統一しているが，実際は拠点によって異なり，規模の大きさによって商用車の行動特性に違いがあると考えられる．5 点目は，高速道路の利用状況の把握ができない点である．高速道路料金が長時間の移動に及ぼす影響を考慮することは非常に重要であり，走行距離・平均速度等を活用した高速道路利用のトリップ推定法を考案し，今後の検証が望まれる．

NOTES

注1) 全日本トラック協会

https://jta.or.jp/wp-content/themes/jta_theme/pdf/kankyo/kankyo_vision2030.pdf

注2) 株式会社トランストロン
https://www.transtron.com/products/probe.html

注3) 国土数値情報ダウンロードサービス.
https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/index.html#chiik

REFERENCES

1) 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, pp. I_575-I_582, 2020.
2) 新部秀悟，酒井孝典，兵籐哲朗：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，第 67 回土木計画学研究発表会・講演集, 2023.
3) Zhou, W., Chen, Q., and Lin, J.J.: Empirical study of urban commercial vehicle tour patterns in Texas, Transportation Research Board 93rd Annual meeting, No.14-5132, 2014.
4) da Costa Rodrigues, B., Gustavo dos Santos, A.: Reducing empty truck trips in long distance network by combining trips. In: *Proceedings of the 20th International Conference on Enterprise Information Systems*. pp. 319–327, 2018.
5) Samchuk, G., Kopykov, D., and Rossolov, A.: Freight fleet management problem: evaluation of a truck utilization rate based on agent modeling, *Communications - Scientific letters of the University of Zilina*, Vol. 24, No.2, pp. D46-D58, 2022.
6) Maeda, R., Ando, H., and Maruyama, T.: Trip-chain pattern analysis of commercial vehicles using probe data, *Proceedings of EASTS*, to appear, 2023.
7) Maeda, R. and Maruyama, T.: Exploring empty truck behavior using one-year probe vehicle data, *International Journal of Intelligent Transportation Systems Research*, in press, 2023.

(Received October 13, 2023)

BEHAVIOR PATTERN ANALYSIS OF COMMERCIAL VEHICLES BASED ON MESH CHARACTERISTICS

Ryosuke MAEDA, Takuya MARUYAMA