

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

新部 秀悟¹・坂井 孝典²・兵藤 哲朗³

¹正会員 日本工営株式会社 事業戦略本部デジタルイノベーション統括部 DX 推進部
(〒102-8539 東京都千代田区麹町 5-4)

E-mail: nibeshu215@gmail.com

²非会員 東京海洋大学准教授 海洋工学部流通情報工学科 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

E-mail: tsakai2@kaiyodai.ac.jp

³正会員 東京海洋大学教授 海洋工学部流通情報工学科 (〒135-8533 東京都江東区越中島 2-1-6)

E-mail: hyodo@kaiyodai.ac.jp

近年、東京都市圏内では、e コマースによる配送需要の増加や、それに伴うドライバー不足などの貨物交通の問題に対応するために、貨物の効率的な輸送への関心が高まっている。そこで、都市圏の貨物車の動きを把握し、より効率的な配送方法を模索する必要がある。本研究では、車両の位置情報や時刻等の車両運行情報が含まれる GPS 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、都市貨物シミュレーション構築に資する知見を得ることを目的とする。

車両が拠点を出発してから戻るまでの一連のトリップ群のことをツアーと定義し、非集計行動モデルを用いて、車両サイズ及び出発時間の選択モデルと、1 日のツアータイプの選択モデルを推定した。それによって、車両サイズや出発時間、ツアータイプ選択の要因とその影響度を明らかにした。また、本研究を通して GPS プローブデータの処理・利用方法の一例を示している。

Key Words: logistics, probe data, urban commercial vehicle activity, tour choice

1. はじめに

(1) 背景

近年、東京都市圏内では、e コマースの普及によって貨物配送の需要が増加しており、それに伴うトラックドライバー不足が問題となっている。そのような貨物交通の問題に対応するために、貨物の効率的な輸送に関する関心が高まっている。しかし、その問題を解決するためのデータや、施策を評価するツールが不足している。そこで近年では、車両の位置情報や時刻等の車両運行情報が含まれる GPS プローブデータが普及しており、それにまつわる研究が数多く輩出されている。GPS プローブデータを使用することで、貨物車の正確な位置を把握し、どのような場所から出発してどのような配送行動をするのかを確認することができる。また、貨物車の 1 日の配送ツアーについて、モデリングを行っている研究も数多く存在する。

GPS プローブデータを用いた配送ツアーに関する分析はいくつか実施されており、Holguin-Veras ら(2005)¹⁾は、コロラド州のデンバーの GPS プローブデータを用いて、貨物車の 1 日のツアーパターンを分析している。Alho ら(2019)²⁾は、GPS プローブデータを処理し、ツアータイプの識別法を提案、評価

している。配送ツアーのモデリングに関する研究として、Ruan ら(2012)³⁾は、テキサス州の貨物車の 1 日のツアータイプを非集計行動モデルにて表現しており、Khan ら(2017)⁴⁾は、ツアータイプの選択と選択したツアータイプでの停車回数の決定を統合させた行動選択モデルを作成している。Figliozzi(2007)⁵⁾は、貨物車のツアータイプ選択は、車両走行距離 (Vehicle miles traveled : VMT) に強い影響を与えることを示しており、貨物車のツアータイプを予測することは重要であると述べている。よって、貨物車のツアータイプの分析は、意思決定者に対して貴重な情報と洞察を提供出来ることが期待されている。このようなモデル作成は、都市貨物シミュレーションを構築していく為に必要な要素であり、Hunt ら(2007)⁶⁾は、貨物車のツアーは最先端のエージェントベースの都市貨物シミュレーションには不可欠な要素であることを提唱している。そのような都市貨物シミュレーションの一例として、Sakai ら(2020)⁷⁾は都市貨物シミュレーションのフレームワークである“SimMobility Freight”を紹介しており、車両運行計画に必要な意思決定を数々の行動選択モデルで設定している。

本研究では、交通シミュレーションに活用できるようなツアータイプ選択モデルを構築し、都市貨物

シミュレーション構築のための知見を得ることを目的とする。また、GPS プローブデータを用いて都市圏の貨物車ツアーの実態を把握することで、計画立案者が交通政策を考えることにも役立てることが出来る。さらに、GPS プローブデータという比較的手に入りやすいが、貨物や配達先の情報量が不足しているデータでもモデルを作成できるという手法論を示すことにも繋がることを期待される。

(2) 用語の定義

本研究では、ツアーにまつわる用語を以下のように定義する。なお、用語については、Ruan ら(2012)³⁾による定義を参照している。

- ・ トリップ：2つの停車地点間の移動
 - ・ 拠点：駐車場や物流センター、倉庫など
 - ・ ツアー：車両が拠点を発してから戻るまでの一連のトリップ群
 - ・ 目的地：ツアー中に車両が配送・休憩を行う地点
 - ・ ツアーチェーン：1日で発生する車両のツアー群
- ツアーの例を図-1に示す。拠点を四角、目的地を丸、トリップを線で表している。1日で複数回トラックが訪れる地点を拠点としており、出発地が拠点になる場合（トラックの駐車場）と、その次に向かう地点が拠点になる場合（物流センターや倉庫）を考慮している。両方の地点でツアーが起きている場合、後者を拠点として定義しているため、本研究では拠点は1つであると仮定している。

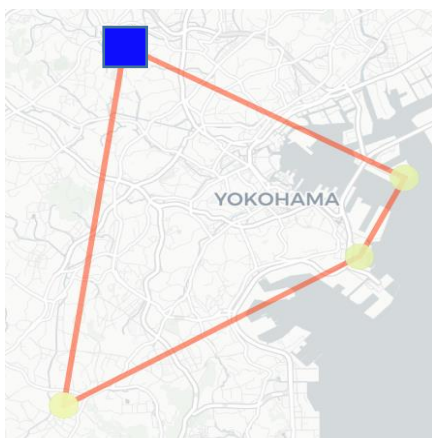


図-1 ツアーの例

2. 既往研究

ツアーの選択要因・選択パターンに関する研究では様々な用語が使われているが、まずは Burns ら(1985)⁸⁾が、貨物車のツアータイプを、直送(Direct)と行商(Peddling)の2種類に分類した。直送は、配送拠点から各顧客に個々に荷物を配送することを繰り返す動きであり、行商は、1回のツアーで複数の場所に停車して商品を配達し、拠点に戻る動きのことを示している。そこから、Battelle Memorial Institute(1995)⁹⁾によって、拠点以外の場所での商品の集荷活動も含むように拡張された。

Holguin-Veras ら(2005)¹⁾は、ツアーの挙動は、停車回数、ツアーの長さ、移動目的によって決まっており、全商用車の約25%が1日に2回以上のツアーを行っていること、ツアー1回あたりの平均停車回数はツアーの数が増えるにつれて減少することを明らかにした。

Ruan ら(2012)³⁾は、多項ロジットモデル(Multinomial logit model : MNL)を用いて、1日の商用車のツアータイプ選択に影響を与える要因を特定した。この分析では、テキサス州の5都市で行われた貨物車調査から得られたデータを用いて、1.単一直送型(Single Direct), 2.単一行商型(Single Peddling), 3.複数直送型(Multiple Direct), 4.複数行商型(Multiple Peddling), 5.混合型(Mixed)の5種類のツアータイプを定義している。この研究では、都市圏における貨物車の1日のツアータイプ選択は、コストや貨物の特性、地域特性が影響していることを述べている。

Zhou ら(2014)¹⁰⁾は、ツアータイプの他に、配送や集荷のために行われた停車回数に着目し、1.直送ツアー、2.停車回数が2回の行商ツアー、3.停車回数が3~5回の行商ツアー、4.停車回数が5回以上の行商ツアーの4パターンのツアータイプ選択モデルを構築している。MNL及び、ネストロジットモデル(Nested logit model : NL)のフレームワークを用いて、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を示した。他にも、Lin ら(2013)¹¹⁾は、バイナリーロジットモデル(Binary logit model : BL)を用いて、都市圏の貨物車の1日のツアータイプ選択に影響を与える要因と、テキサス州とアイダホ州の間で貨物車の移動に大きな地域差があることを明らかにした。その結果、貨物の種類や移動目的、移動時間、滞留時間、目的地の特性が、貨物車のツアータイプ選択に強く影響していることを示した。

以上の研究では、ロジットモデルを用いたツアータイプ選択を主に行っているが、Zhou ら(2014)¹⁰⁾が被説明変数として考慮していた貨物車の1日の停車回数は、本来は車両運行計画の地点で同時に決定されるものだと考えられている。そこでKhan ら(2017)⁴⁾は、多重離散連続極値(MDCEV)モデルを用いて、ツアータイプと停車回数の同時選択モデルを推定している。これまでの研究では、複数離散連続(MDC)選択状況と呼ばれる、意思決定者が複数の離散的な選択肢を選ぶことができる状況になっていたが、Khan ら(2017)⁴⁾は選択肢の数は全ての意思決定者で同じであると仮定し、停車回数も含めて選択肢に入れている。

以上の研究により、貨物車のツアータイプ選択の説明変数には、コストや貨物特性、施設特性や移動時間などが挙げられている。しかし、今までの研究では、複数の目的地が設定された後に、どのツアータイプを選択して配送するかを決める選択モデルが考慮されていない。Ruan ら(2012)³⁾の研究にある単一直送型(Single Direct)では、目的地が1つしかない

為に他のツアーパターンを選択する余地がない。考慮すべきなのは、複数の目的地の情報が与えられた際に、どのツアータイプを選んで 1 日の配送を行うかという点である。さらに、1 日の車両運行計画を考える際に、車両サイズと出発時間も選択の余地がある。

よって本研究では、車両サイズと出発時間の選択モデルを考慮した後に、ツアータイプの選択モデルを推定する。また、日本国内での貨物車ツアー選択モデルの実例がなく、日本国内で以上の様な要因がツアータイプ選択にどのように影響しているかが明らかではない。本研究では、東京都市圏を分析対象として、複数の目的地が設定された後に、どの車両サイズ、出発時間、ツアータイプを選択するののかということに焦点を当て、分析及びモデル作成を行う。

3. 研究の枠組み

(1) 目的

本研究では貨物車の GPS プローブデータを用いて、東京都市圏における貨物車のツアーパターンを分析する。まず、貨物車の挙動を知るために、GPS プローブデータを加工し、各データ項目の基礎集計を行う。その後、ツアータイプごとにデータを分類し、ツアータイプの選択モデルを推定する。これらの分析を行うことで、東京都市圏の貨物車の行動パターンの実態を明らかにし、また、都市貨物シミュレーション構築に資する知見を得ることを目的とする。

(2) 分析項目

分析項目は、以下の通りである。

- ・まず、GPS プローブデータをツアー分析に使用するために、トリップデータへの変換を行う。
 - ・次に、車両毎に総運行距離や目的地数など、各データ項目の傾向を把握する。その際、GPS プローブデータに含まれていない貨物品目の参考情報として、2013 年東京都市圏物資流動調査のデータを用いて各事業所の搬出品目を確認する。
 - ・次に、目的地の場所があらかじめ分かっている状況を想定して、車両サイズ及び出発時間の選択モデルを推定する。
 - ・次に、車両毎にツアータイプの分類を行い、車両サイズごとに 1 日のツアータイプの選択モデルを推定する。
 - ・最後に、推定したモデルを用いた感度分析を行う。
- なお、分析では、統計解析用のフリーソフトウェアである R 言語を用い、用途地域を用いた分析では、フリー GIS ソフトである QGIS を使用した。

4. GPS プローブデータの分析

(1) データの概要

本研究では、いすゞ自動車株式会社（以下：いすゞ（株））の情報プラットフォームである“MIMAMORI”のデジタルタコグラフが搭載されているトラックの GPS プローブデータを用いた。このデータは、エンジンが入っている間は位置情報と時刻を 10 分おきに記録している。なお、このデータには“MIMAMORI”を導入している車両全てのデータが含まれており、いすゞ（株）のトラックだけではなく他社のトラックも含まれている。ただし、配送貨物の品目情報やトラックの速度、貨物車の停車目的（集荷、配送、休憩等）の情報は含まれていない。

対象エリアは、東京都市圏交通計画協議会が行っている第 4 回東京都市圏物資流動調査の調査範囲と同範囲である、東京都（島しょ部を除く）、神奈川県、千葉県、埼玉県、茨城県南部である(図-2)。対象期間は、2014 年 10 月 6 日（月）から 10 月 19 日（日）の 2 週間である。車両区分に関しては、大型トラック、大型トラック、中型トラック、小型トラックの 4 種類が存在し、本研究では大型トラックと大型トラックを大型車、中型トラックを中型車、小型トラックを小型車と区分した。トラックの重量に関しては、大型車は 10t、中型車は 4t、小型車は 2t の重量を想定している。サンプル数は、大型車が 8630 台、中型車が 23628 台、小型車が 33238 台の合計 65496 台である。

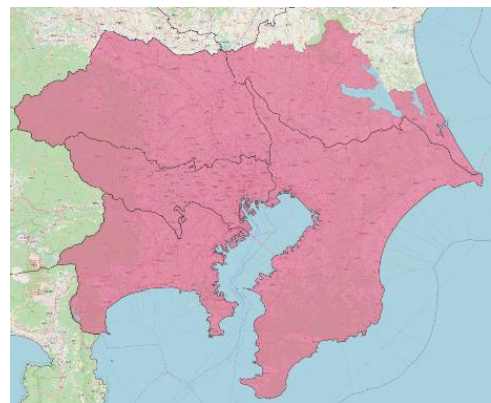


図-2 本研究の分析対象エリア

(2) プローブデータの処理とツアーデータの生成

本研究では、GPS プローブデータを研究の目的に沿った形に加工した。まず、GPS プローブデータをトラックの停車箇所を抜き出したストップデータに変換し、その次にトラックの出発地と到着地を一行にまとめたトリップデータに変換する。最後に、ツアー単位でまとめたツアーデータを作成した。

停車の判定は、同じ場所に 10 分間滞留した時とした。ここでは、10 分後に進んだ距離が 500m 以内であった時に同じ場所と見なす。トラックの 1 日の稼働終了判定は、同じ場所で 300 分以上停車した時とし、24 時間以内に稼働が終了する車両に限定し

た．出発地もしくは 1 日で複数回トラックが訪れる地点を拠点としており，各トリップの終了時に，拠点からの距離が 500m 以内であった場合にツアーが行われていると判定している．そして，各トリップにツアーID を付けることで，ツアー単位のデータを生成することができた．

(3) 車両毎の各データ項目の集計

次に，車両毎の各データ項目の集計に移る．分析項目は，1 日の運行距離と目的地数，1 日の運行時間と出発時刻の 4 種類である．運行距離は各トリップの直線距離の合計を表しており，目的地に関しては，貨物車の停車目的の情報が含まれていないことから，停車した場所が配送先か休憩した場所であるかに関わらず，目的地として捉えている．

車両サイズ別の 1 日の運行距離を図-3，車両サイズ別の 1 日の目的地数を図-4 に示す．これらによると，車両サイズが小さいほど 1 日の運行距離が短く，目的地の数が多い傾向にあることが分かる．車両サイズ別の 1 日の運行時間を図-5，車両サイズ別の 1 日の出発時刻を図-6 に示す．これらによると，運行時間に関しては車両サイズごとに大きな違いはなく，比較的中型車の運行時間が長いことが確認できる．出発時刻は，大型車と中型車のピークが 5 時から 6 時であるのに対し，小型車が 6 時から 7 時であることから，小型車の出発時刻が遅い傾向にあることが分かる．

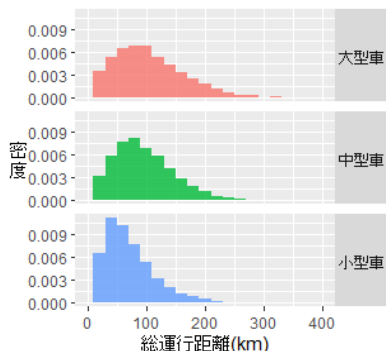


図-3 車両サイズ別の 1 日の運行距離

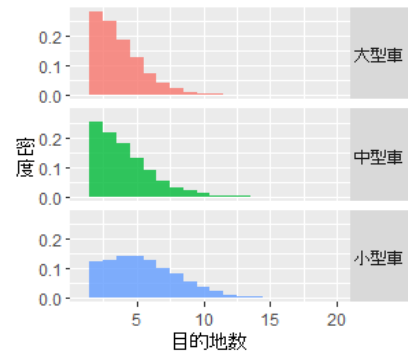


図-4 車両サイズ別の 1 日の目的地数

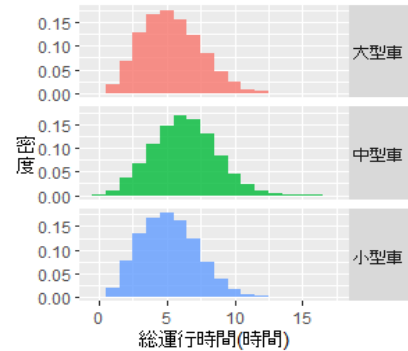


図-5 車両サイズ別の 1 日の運行時間

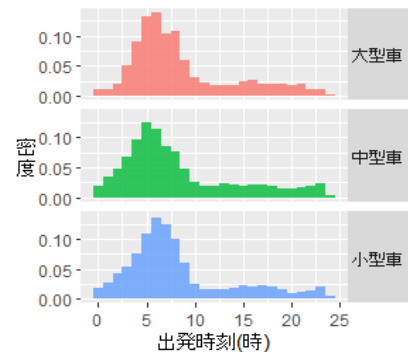


図-6 車両サイズ別の 1 日の出発時刻

車両サイズ別の出発地の用途地域の分布は図-7 である．用途地域データに関しては，国土交通省が管理している国土数値情報のホームページから入手し，車両の位置情報と紐づけして用途地域を特定した．大型車は住居系用途地域や商業系用途地域と比べて，工業系用途地域や市街化調整区域の割合が高く，対して小型車は，住居系用途地域や商業系用途地域の割合が比較的高いことが分かる．

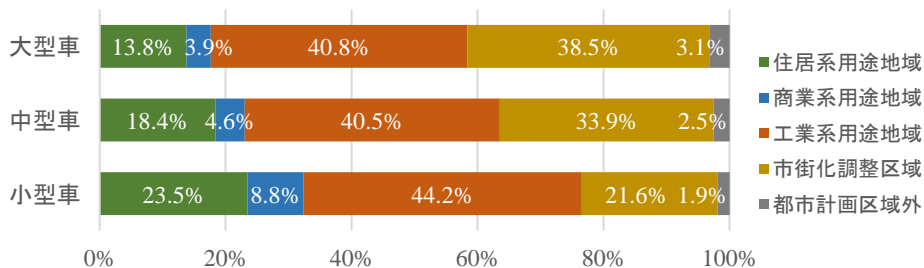


図-7 車両サイズ別の出発地の用途地域の分布

(4) 物資流動調査を用いた品目分析

第 5 回東京都市圏物資流動調査によって得られた搬出データを用いて、東京都市圏にある事業所の搬出品目を確認する。対象期間は 2013 年秋期の平均的な搬出入があった任意の 1 日である。用途地域ごとの品目割合を表-1 とすると、工業系用途地域からは工業製品、商業系用途地域からは日用品の配送が多いことが分かる。また、市街化調整区域や都市計画区域外にある事業所に関しては、工業系用途地域と同じような分布になった。

表-1 用途地域ごとの品目割合 (引用：搬入搬出票マスターコード表・第 5 回東京都市圏物資流動調査)

| | 住居系 用途地域 | 商業系 用途地域 | 工業系 用途地域 | 市街化 調整区域 | 都市計画 区域外 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 1 農水産品(定温) | 5.1% | 5.8% | 3.1% | 6.1% | 5.5% |
| 2 農水産品(常温) | 1.1% | 3.2% | 1.9% | 3.1% | 2.4% |
| 3 食料工業品(冷凍) | 2.1% | 3.0% | 3.0% | 2.5% | 2.0% |
| 4 食料工業品(定温) | 3.4% | 5.5% | 5.3% | 6.2% | 4.7% |
| 5 食料工業品(常温) | 7.7% | 5.1% | 6.3% | 7.4% | 5.3% |
| 6 食料工業品を除く軽工業品 | 3.5% | 3.6% | 4.4% | 4.7% | 5.1% |
| 7 出版・印刷物 | 6.6% | 5.5% | 4.7% | 3.4% | 2.0% |
| 8 日用品 | 14.4% | 20.4% | 10.0% | 6.5% | 9.1% |
| 9 日用品を除く雑工業品 | 4.3% | 6.2% | 2.7% | 2.6% | 4.2% |
| 10 林産品 | 2.5% | 0.9% | 1.5% | 3.0% | 3.4% |
| 11 鉱産品 | 1.0% | 1.0% | 1.4% | 2.5% | 3.7% |
| 12 金属工業品 | 11.6% | 7.4% | 15.4% | 16.8% | 15.5% |
| 13 一般機器 | 5.5% | 3.1% | 4.4% | 3.2% | 2.8% |
| 14 電気機器 | 6.9% | 8.8% | 7.3% | 2.9% | 5.8% |
| 15 輸送機器 | 3.6% | 1.9% | 5.0% | 5.8% | 4.7% |
| 16 精密機器 | 4.3% | 7.8% | 2.1% | 1.8% | 2.3% |
| 17 窯業品 | 2.8% | 1.4% | 2.7% | 3.8% | 4.2% |
| 18 化学工業品 | 7.4% | 5.0% | 13.4% | 11.0% | 11.4% |
| 19 特殊品 | 2.6% | 1.3% | 3.5% | 3.8% | 4.0% |
| 20 混載 | 2.4% | 2.4% | 1.3% | 2.2% | 1.2% |
| 21 不明 | 1.3% | 0.9% | 0.5% | 0.9% | 0.8% |
| 合計 | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% | 100.0% |

5. 貨物車ツアー選択モデル

(1) 車両サイズ・出発時間選択モデル

非集計行動モデルに属する、多項ロジット(MNL)モデルとネステッドロジット(NL)モデルを、最尤推定法を用いて推定した。効用を式(5.1)、効用関数を式(5.2)、MNL モデルの選択確率を式(5.3)に示す。また、選択肢を層構造にしてまとめた NL モデルを用いると、選択肢*a, b, c*において、*a, b* を同じグループにした時の選択確率は、選択肢*a*は式(5.4)、選択肢*c*は式(5.5)になる。

$$U_i = V_i + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

U_i : 効用

V_i : 観測可能な要因による確定項

ε_i : 同一・独立のガンベル分布に従う誤差項

$$V_{in} = \beta_1 Z_{1n} + \beta_2 Z_{2n} + \dots + \beta_k Z_{kn} = \beta' Z_i \quad (5.2)$$

$$P_{in} = \frac{e^{V_{in}}}{\sum_{j=1}^m e^{V_{jn}}} \quad (5.3)$$

P_{in} : 個人*n*が選択肢*i*を選択する確率

V_{in} : 選択肢*i*の選択による効用の確定項

Z_{ln} : *l*番目の説明変数

β_k : *k*番目の変数のパラメータ

$$P_{an} = \frac{e^{\lambda \ln(e^{V_{a|ab,n}} + e^{V_{b|ab,n}})}}{e^{\lambda \ln(e^{V_{a|ab,n}} + e^{V_{b|ab,n}})} + e^{\lambda V_{cn}}} \times \frac{e^{V_{a|ab,n}}}{e^{V_{a|ab,n}} + e^{V_{b|ab,n}}} \quad (5.4)$$

$$P_{cn} = \frac{e^{\lambda V_{cn}}}{e^{\lambda \ln(e^{V_{a|ab,n}} + e^{V_{b|ab,n}})} + e^{\lambda V_{cn}}} \quad (5.5)$$

P_{an} : 個人*n*が選択肢*a*を選択する条件付き確率

P_{cn} : 個人*n*が選択肢*c*を選択する確率

λ : 上位におけるスケールパラメータ(下位におけるスケールパラメータは 1 に固定)

選択モデルに用いる説明変数は、目的地数、拠点から各目的地までの平均距離、各目的地の目的地中心までの平均距離、拠点の用途地域、拠点からの最遠目的地の用途地域の 5 種類である。被説明変数は、車両サイズ(小型車、中型車、大型車)と出発時間(00:00-08:00, 08:00-16:00, 16:00-00:00)である。選択肢集合は、車両サイズ 3 種と出発時間 3 種の組み合わせである 9 種類である。NL モデルでは車両サイズを上位の選択肢とした(図-8)。

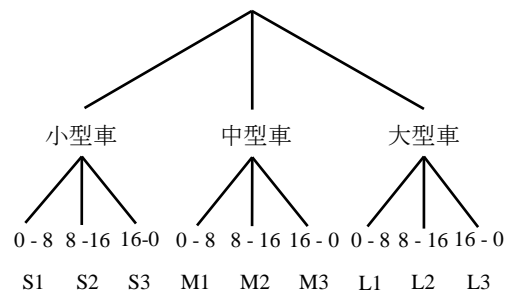


図-8 NL モデルの構造と選択肢集合

NL モデルの推定結果は表-2 の通りである。目的地数が増えるほど、中型車や大型車が選ばれにくくなり、拠点から各目的地までの平均距離、目的地同士の距離が離れるほど中型車や大型車が選ばれやすくなる事が分かる。これは、小型車が狭いエリアの配送を得意としていて、小回りが利くために何ヶ所も配送しやすいからであると考えられる。また、出発地が工業系用途地域であると大型車が選ばれ、商業系用途地域であると小型車が選ばれる傾向にあることが分かる。これは、工業系用途地域には工場や物流センターが多いことから大型車が多く、商業系用途地域では配送エリアが限られていることから、小型車による配送が多いと考える。また、市街化調整区域と都市計画区域外では、工業地域と同じような傾向を見せていることが分かる。これは、4.(4)で紹介した品目分析により、各地域で似たような品目を運んでいるからであると考えられる。

表-2 車両サイズ・出発時間選択モデルの推定結果 (NLモデル)

| | S2 | S3 | M1 | M2 | M3 | L1 | L2 | L3 |
|-----------------------|---------|--------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 定数項 | | | | | | | | |
| In (目的地数) | 0.514 | -0.237 | -2.831*** | -2.808*** | -3.356*** | -5.994*** | -5.749*** | -6.292*** |
| In (拠点から各目的地への平均距離) | -0.138 | 0.021 | -2.951*** | -3.081*** | -3.003*** | -3.564*** | -3.705*** | -3.745*** |
| In (各目的地の目的地中心への平均距離) | -0.065 | 0.110 | 0.104** | 0.078 | 0.162 | 0.567*** | 0.507*** | 0.608*** |
| 拠点の用途地域 | -0.071 | -0.129 | 0.876*** | 0.876*** | 0.913*** | 0.763*** | 0.757*** | 0.786*** |
| 商業系用途地域 | 0.081 | 0.135 | -0.312*** | -0.280** | -0.380*** | -0.163 | -0.173*** | -0.325* |
| 工業系用途地域 | 0.006 | 0.074 | 0.221*** | 0.229*** | 0.241*** | 0.542*** | 0.560*** | 0.444*** |
| 市街化調整区域 | -0.019 | 0.060 | 0.658*** | 0.650*** | 0.651*** | 1.077*** | 1.036*** | 0.982*** |
| 都市計画区域外 | 0.028 | 0.036 | 0.288*** | 0.320*** | 0.289*** | 0.730*** | 0.711*** | 0.653*** |
| 拠点からの最遠目的地の用途地域 | | | | | | | | |
| 商業系用途地域 | 0.002 | 0.030 | -0.254*** | -0.255*** | -0.241*** | -0.421*** | -0.403*** | -0.482*** |
| 工業系用途地域 | 0.004 | 0.000 | 0.808*** | 0.882*** | 0.807*** | 1.719*** | 1.771*** | 1.793*** |
| 市街化調整区域 | 0.038 | -0.011 | 0.497*** | 0.575*** | 0.469*** | 1.483*** | 1.510*** | 1.521*** |
| 都市計画区域外 | 0.060 | -0.010 | 0.618*** | 0.699*** | 0.586*** | 1.442*** | 1.445*** | 1.386*** |
| ログサム変数 (スケールパラメータ) | 0.115 | | | | | | | |
| 初期尤度 | -125118 | | | | | | | |
| 最終尤度 | -114200 | | | | | | | |
| 尤度比 | 0.0872 | | | | | | | |
| サンプル数 | 65496 | | | | | | | |

(*** : 0.1%有意, ** : 1%有意, * : 5%有意)

(2) ツアータイプの分類

一回のツアーで複数の目的地を訪れる行商型ツアーの Single Peddling (SP), 一ヶ所に配送後、拠点に戻る直送型ツアーを複数回行う Multiple Direct (MD), 複数回の配送の中で、直送と行商が混合した Mixed (MX), 一度も拠点に戻らず運行終了時には別の駐車場に駐車する No Backs (NB)の 4 種類のツアータイプに分類した(図-9).

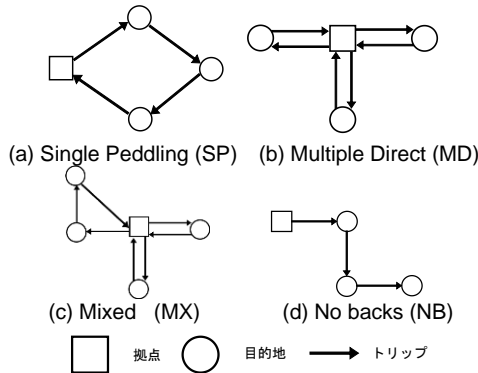


図-9 ツアータイプの分類(出典: Ruan ら(2012)³⁾)

この 4 種類のツアータイプを選んだ理由は、目的地が複数ある状況下でツアータイプを選択するモデルを作成するからである。例えば、直送型ツアーを一回行う Single Direct(SD)は、目的地が一ヶ所しかないために選択する余地がないために、選択肢から外している。また、行商型のツアーを複数回行う Multiple Peddling(MP)に関しては、MX とほぼ形状が変わらないため、MX に含めている。車両サイズごとのツアータイプ分布を表-3 に示す。なお、この表には選択対象外である Single Direct も含まれている。どの車両サイズでも SP の割合が高く、MD が最も少ないことが分かる。

表-3 車両サイズごとのツアータイプ分布

| ツアータイプ | 小型車 | | 中型車 | | 大型車 | |
|-----------------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|
| Single Direct | 2880 | 8.0% | 4676 | 16.5% | 1772 | 17.0% |
| Single Peddling | 17756 | 49.2% | 11115 | 39.3% | 4083 | 39.3% |
| Multiple Direct | 746 | 2.1% | 1906 | 6.7% | 693 | 6.7% |
| Mixed | 4971 | 13.8% | 4336 | 15.3% | 1234 | 11.9% |
| No Backs | 9765 | 27.0% | 6271 | 22.2% | 2620 | 25.2% |
| 合計 | 36118 | 100.0% | 28304 | 100.0% | 10402 | 100.0% |

(3) ツアータイプ選択モデル

次に、ツアータイプ選択モデルに用いる説明変数は、5.(1)のモデルで扱った説明変数に出発時間(00:00-08:00, 08:00-16:00, 16:00-00:00)を加えたものであり、被説明変数は 5.(2)のツアー分類である。なお、モデルは車両サイズごとに推定した。ツアータイプと各説明変数との関係をクロス集計した結果は、付録に掲載する。また、MD と MX を同じグループにした時に、最も尤度比が高くなった(図-10).

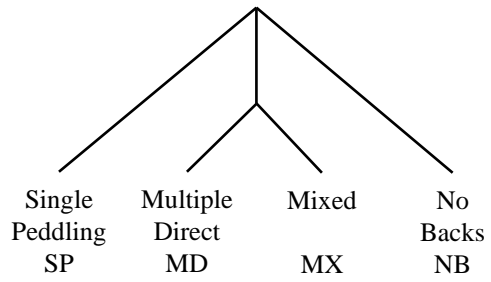


図-10 NL モデルの構造と選択肢集合

NL モデルの推定結果は表-4 の通りである。目的地の数が増えると、MD が選ばれにくくなるのが分かる。MD は配送を行う度に拠点に戻るため、目的地の数が増えれば増えるほど停車回数が増えてしまう。さらに、目的地同士が近い位置にあった場合は、トラックが一度に配送を行う傾向にあるため、MD の手段を取らなくなると考える。また、拠点から各目的地までの平均距離が長くなるほど、SP が選ばれやすくなるのが分かる。これは、遠い距離であるほどツアーを複数回行うことが困難になるため、SP で一度に運び切る傾向にあるのだと考える。さらに、目的地同士の距離が離れるほど、MD や MX が選ばれやすくなるのが分かる。目的地同士の距離が離れると、SP で一度に運ぶことが難しくなるので、複数回運ぶ手段を選びやすくなる。なお、車両サイズが小さくなるほどその傾向が強くなることから、小型車が複数回輸送に適していることが伺える。

6. 感度分析

推定した 2 つのモデルを用いて、モデルにある説明変数の 1 つを-30%から+30%まで変化させた時、ツアータイプの選択確率にどれほど影響を与えるかを分析した。まず、車両サイズ・出発時間選択モデルを適用して車両サイズと出発時間を決定し、出発時間を説明変数に加え、車両サイズごとにツアータイプ選択モデルを適用することでツアータイプの選択確率を算出した。目的地数と選択確率の変化を図-11 に示す。目的地の数が増えると、中型車、大型車が選ばれにくくなり、どの車両サイズでも MD が選ばれにくくなるのが分かる。特に小型車のツアータイプの変化が大きいことが分かる。拠点から各目的地への平均距離と選択確率の変化を図-12 に示す。拠点から各目的地までの平均距離が長くなると、小型車が選ばれにくくなり、どの車両サイズでも SP が選ばれやすくなるのが分かる。こちらもツアータイプの変化は小型車で最も起こりやすいことが分かる。各目的地の目的地中心への平均距離と選択確率の変化を図-13 に示す。目的地同士の距離が離れるほど、小型車が選ばれにくくなり、どの車両サイズでも MD と MX が選ばれやすくなるのが分かる。

表-4 ツアータイプ選択モデルの推定結果 (NL モデル)

| | | 小型車 | | 中型車 | | 大型車 | | | | | | |
|-----------------------|---------|-------------|--------|--------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|-----|
| | | 係数 | t 値 | 係数 | t 値 | 係数 | t 値 | | | | | |
| 定数項 | MD | 4.531 | 15.88 | *** | 5.643 | 21.60 | *** | 9.088 | 16.88 | *** | | |
| | MX | 3.681 | 16.16 | *** | 4.967 | 19.58 | *** | 7.458 | 14.37 | *** | | |
| | NB | -3.810 | -18.07 | *** | -4.280 | -16.67 | *** | -6.157 | -13.96 | *** | | |
| ln (目的地数) | MD | -1.402 | -3.74 | *** | -1.893 | -6.95 | *** | -2.055 | -3.63 | *** | | |
| | MX | 0.060 | 0.61 | | -0.436 | -3.75 | *** | -0.145 | -0.51 | | | |
| | NB | -0.240 | -3.93 | *** | -0.258 | -3.21 | ** | -0.260 | -1.83 | | | |
| ln (拠点から各目的地への平均距離) | MD | -4.178 | -40.68 | *** | -3.514 | -34.00 | *** | -3.206 | -20.08 | *** | | |
| | MX | -4.129 | -42.16 | *** | -3.451 | -33.22 | *** | -3.094 | -20.39 | *** | | |
| | NB | -0.672 | -11.92 | *** | -0.447 | -6.46 | *** | 0.294 | 2.74 | ** | | |
| ln (各目的地の目的地中心への平均距離) | MD | 3.092 | 35.13 | *** | 2.270 | 25.60 | *** | 1.098 | 9.16 | *** | | |
| | MX | 3.113 | 36.83 | *** | 2.212 | 24.68 | *** | 1.185 | 10.45 | *** | | |
| | NB | 1.660 | 37.12 | *** | 1.400 | 25.93 | *** | 1.067 | 14.04 | *** | | |
| 拠点の用途地域 | 工業系用途地域 | MD | 0.635 | 12.99 | *** | 1.047 | 20.94 | *** | 0.742 | 7.15 | *** | |
| | | MX | 0.547 | 12.63 | *** | 1.046 | 21.11 | *** | 0.748 | 7.51 | *** | |
| | | NB | -0.314 | -9.29 | *** | 0.148 | 3.29 | ** | 0.095 | 1.19 | | |
| | 商業系用途地域 | MD | 0.132 | 1.73 | | 0.642 | 6.29 | *** | -0.079 | -0.37 | | |
| | | MX | 0.089 | 1.21 | | 0.673 | 6.63 | *** | -0.097 | -0.48 | | |
| | | NB | 0.621 | 11.95 | *** | 1.061 | 13.12 | *** | 0.526 | 3.78 | *** | |
| | 市街化調整区域 | MD | 0.254 | 4.46 | *** | 0.363 | 6.89 | *** | 0.258 | 2.41 | * | |
| | | MX | 0.177 | 3.43 | *** | 0.379 | 7.28 | *** | 0.311 | 3.03 | ** | |
| | | NB | -0.377 | -9.78 | *** | -0.159 | -3.49 | *** | -0.139 | -1.77 | | |
| 都市計画区域外 | MD | 0.919 | 7.22 | *** | 0.518 | 4.06 | *** | 0.255 | 1.20 | | | |
| | MX | 0.775 | 6.50 | *** | 0.508 | 4.00 | *** | 0.251 | 1.21 | | | |
| | NB | -0.285 | -2.90 | ** | 0.129 | 1.27 | | 0.161 | 1.03 | | | |
| 拠点からの最遠目的地の用途地域 | 工業系用途地域 | MD | -0.182 | -3.92 | *** | -0.427 | -9.69 | *** | -0.388 | -4.19 | *** | |
| | | MX | -0.164 | -3.77 | *** | -0.429 | -9.75 | *** | -0.412 | -4.45 | *** | |
| | | NB | 0.009 | 0.27 | | -0.017 | -0.39 | | -0.176 | -1.93 | | |
| | 商業系用途地域 | MD | 0.316 | 7.30 | *** | 0.204 | 3.86 | *** | -0.352 | -2.49 | * | |
| | | MX | 0.300 | 7.38 | *** | 0.185 | 3.51 | *** | -0.453 | -3.25 | ** | |
| | | NB | -0.204 | -5.96 | *** | -0.095 | -1.61 | | -0.125 | -0.93 | | |
| | 市街化調整区域 | MD | -0.271 | -4.20 | *** | -0.552 | -9.28 | *** | 0.025 | 0.23 | | |
| | | MX | -0.220 | -3.63 | *** | -0.555 | -9.40 | *** | -0.029 | -0.28 | | |
| | | NB | 0.237 | 5.18 | *** | 0.220 | 3.94 | *** | -0.071 | -0.68 | | |
| | 都市計画区域外 | MD | -0.229 | -1.79 | | -0.746 | -6.88 | *** | -0.432 | -2.62 | ** | |
| | | MX | -0.178 | -1.49 | | -0.756 | -6.96 | *** | -0.371 | -2.22 | * | |
| | | NB | 0.089 | 1.01 | | -0.046 | -0.54 | | -0.378 | -2.59 | ** | |
| | 出発時間帯 | 08:00-16:00 | MD | -0.187 | -4.37 | *** | 0.119 | 2.80 | ** | 0.031 | 0.43 | |
| | | | MX | -0.198 | -4.91 | *** | 0.104 | 2.45 | * | -0.024 | -0.35 | |
| | | | NB | 0.339 | 10.52 | *** | 0.514 | 13.43 | *** | 0.846 | 13.73 | *** |
| | | 16:00-00:00 | MD | 0.184 | 3.30 | *** | 0.429 | 9.11 | *** | 0.074 | 0.72 | |
| | | | MX | 0.153 | 3.04 | ** | 0.442 | 9.40 | *** | 0.026 | 0.26 | |
| | | | NB | 0.158 | 3.95 | *** | 0.092 | 1.88 | | 0.958 | 12.79 | *** |
| ログサム変数 (スケールパラメータ) | | 0.083 | 3.28 | ** | 0.063 | 4.26 | *** | 0.097 | 2.41 | * | | |
| 初期尤度 | | -35371 | | | -28851 | | | -10327 | | | | |
| 最終尤度 | | -30927 | | | -24211 | | | -8682 | | | | |
| 尤度比 | | 0.1256 | | | 0.1608 | | | 0.1593 | | | | |
| サンプル数 | | 33238 | | | 23628 | | | 8630 | | | | |

(***: 0.1%有意, **: 1%有意, *: 5%有意)

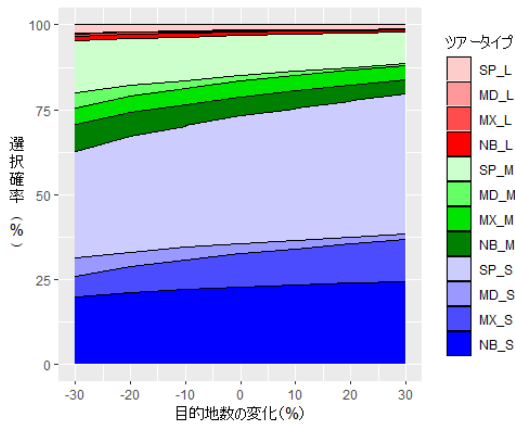


図-11 目的地数と選択確率の変化

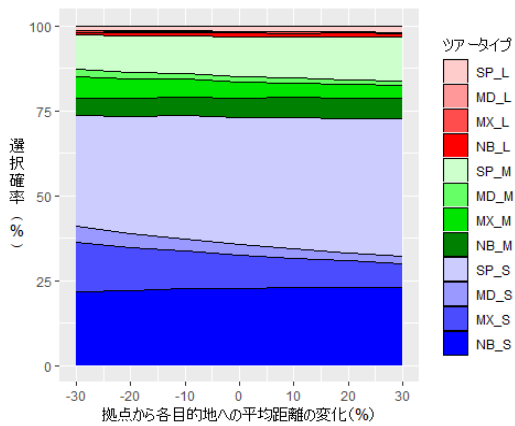


図-12 拠点から各目的地への平均距離と選択確率の変化

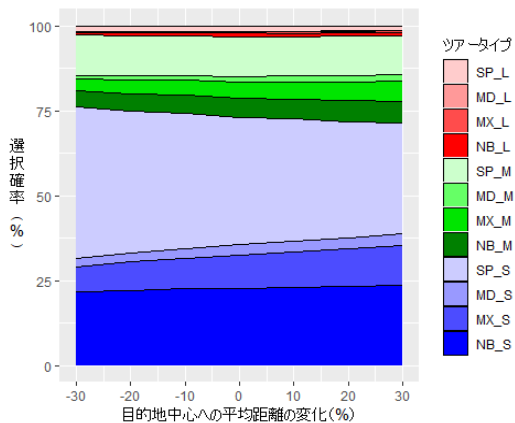


図-13 各目的地の目的地中心への平均距離と選択確率の変化

7. 結論

本研究を通して、貨物車の車両サイズ、出発時間、ツアータイプの選択要因を明らかにし、その影響度を確認することができた。また、日本においてはじめて貨物車ツアー選択モデルの推定が実施でき、日本の都市圏におけるケーススタディとなった。過去の論文では、1日の移動距離や移動時間、停車回数等が説明変数として注目されてきたが、本研究では、拠点から目的地までの距離、目的地間の距離に注目することで、ツアータイプごとの特性がより分かる

ようになった。さらに、推定した2つのモデルを組み合わせることで、一部の条件が変化した際の車両サイズとツアータイプの変化を定量的に示すことができた。これは、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を示している。例えば、コンパクトシティである場合は、配送距離が短いために小型車が選ばれ、拠点と目的地が近い場合はツアーが発生しやすいことが考えられる。逆に、スプロール化した都市では、配送距離が長くなるために、一回のツアーで運び切る傾向が多くなると考える。その中で、新しく物流施設が建設された際には、1つの物流施設が取り扱う配送エリアに変化が生じるので、そこで車両サイズやツアータイプの分布にも変化が起きると考える。

また、本研究を通して GPS プローブデータの処理・利用方法の一例を提示することができた。本研究で実施したデータの処理からモデル構築までの手法論は、別のデータにも応用できる。

今後の課題としては、本研究で使用したデータには含まれていなかった貨物の品目情報や積載情報（実車、空車）、貨物車の停車目的（集荷、配送、休憩）などのデータの収集と、実際の配送データを用いたモデル推定であると考えられる。GPS プローブデータには含まれていない貨物の特性が、車両サイズやツアータイプにどのように影響するのかを確認するべきである。

参考文献

- 1) Holguin-Veras, J., Patil, G.R. (2005). Observed trip chain behavior of commercial vehicles. *Transport. Res. Rec.: J. Transport. Res. Board* 1906 (1), 74–80.
- 2) Alho, A.R., Sakai, T., Chua, M., Jeong, K., Jing, P., Ben-Akiva, M. (2019). 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* (2019) 1:175–190
- 3) Ruan, M., Lin, J.J., Kawamura, K. (2012). Modeling urban commercial vehicle daily tour chaining. *Transport. Res. Part E: Logist. Transport. Rev.* 48 (6), 1169 – 1184.
- 4) Khan, M., Machemehl, R. (2017) Analyzing tour chaining patterns of urban commercial vehicles. *Transp Res Part A Policy Pract* 102:84–97
- 5) Figliozzi, M.A. (2007). Analysis of the efficiency of urban commercial vehicle tours: data collection, methodology, and policy implications. *Transport. Res. Part B* 4, 1014–1032.
- 6) Hunt, J.D., Stefan, K.J. (2007). Tour-based micro simulation of urban commercial movements. *Transport. Res. Part B* 41 (9), 981–1013.
- 7) Sakai, T., Alho, A.R., Bhavathrathan, B.K., Chiara, G.D., Gopalakrishnan, R., Jing, P., Hyodo, T., Cheah, Lynette., Ben-Akiva, M. (2020). SimMobility Freight: An agent-based urban freight simulator for evaluating logistics solutions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*

- Volume 141, September 2020, 102017.
- 8) Burns, L., Hall, R., Blumenfeld, D., Daganzo, C. (1985). Distribution strategies that minimize transportation and inventory costs. *Oper. Res.* 33 (3), 469–490.
 - 9) Battelle Memorial Institute (1995). Comprehensive Truck Size and Weight (TS & W) Study Phase 1 – Synthesis: Logistics and Truck Size and Weight Regulations Working Paper 8. Federal Highway Administration.
 - 10) Zhou, W., Chen, Q., Lin, J.J. (2014). Empirical study of urban commercial vehicle tour patterns in Texas. In: Transportation Research Board 93rd Annual Meeting (No. 14-5132).
 - 11) Lin, J.J., Zhou, W. (2013). How urban commercial vehicle trips are chained: case studies in Texas and Idaho. In: Transportation Research Board 92nd Annual Meeting (No. 13-3121).
 - 12) ISUZU MIMAMORI | 車両運行・動態管理システム (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
<https://www.isuzu.co.jp/cv/cost/mimamori/>
 - 13) トラック | いすゞ自動車 (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
<https://www.isuzu.co.jp/product/truck/>
 - 14) 国土数値情報 | 用途地域データ (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A29.html>
 - 15) 国土数値情報 | 都市地域データ (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
<https://nlftp.mlit.go.jp/ksj/gml/datalist/KsjTmplt-A09.html>
 - 17) 物資流動調査 | 東京都市圏交通計画協議会 (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
<https://www.tokyo-pt.jp/pd/01>
 - 18) 物資流動調査 データ利用の手引き (最終閲覧日: 2023 年 3 月 1 日)
https://www.tokyo-pt.jp/static/hp/file/data/tebiki_pd.pdf

(Received March 10, 2023)

付録

表-5 目的地数とツアータイプのクロス集計結果 (大型車)

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|----|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 2 | 1209 | 29.61% | 465 | 67.10% | 0 | 0.00% | 742 | 28.32% |
| 3 | 957 | 23.44% | 148 | 21.36% | 378 | 30.63% | 667 | 25.46% |
| 4 | 703 | 17.22% | 61 | 8.80% | 347 | 28.12% | 513 | 19.58% |
| 5 | 502 | 12.29% | 19 | 2.74% | 248 | 20.10% | 345 | 13.17% |
| 6 | 314 | 7.69% | 0 | 0.00% | 128 | 10.37% | 171 | 6.53% |
| 7 | 197 | 4.82% | 0 | 0.00% | 71 | 5.75% | 96 | 3.66% |
| 8 | 110 | 2.69% | 0 | 0.00% | 31 | 2.51% | 46 | 1.76% |
| 9 | 39 | 0.96% | 0 | 0.00% | 14 | 1.13% | 24 | 0.92% |
| 10 | 26 | 0.64% | 0 | 0.00% | 8 | 0.65% | 7 | 0.27% |
| 11 | 13 | 0.32% | 0 | 0.00% | 4 | 0.32% | 6 | 0.23% |
| 12 | 7 | 0.17% | 0 | 0.00% | 1 | 0.08% | 0 | 0.00% |
| 13 | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% | 4 | 0.32% | 2 | 0.08% |
| 14 | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 15 | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 16 | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 1 | 0.04% |
| 18 | 2 | 0.05% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 計 | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-6 目的地数とツアータイプのクロス集計結果 (中型車)

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|----|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 2 | 3020 | 27.17% | 1401 | 73.50% | 0 | 0.00% | 1541 | 24.57% |
| 3 | 2272 | 20.44% | 397 | 20.83% | 1173 | 27.05% | 1322 | 21.08% |
| 4 | 1824 | 16.41% | 82 | 4.30% | 1172 | 27.03% | 1175 | 18.74% |
| 5 | 1377 | 12.39% | 25 | 1.31% | 820 | 18.91% | 865 | 13.79% |
| 6 | 1057 | 9.51% | 1 | 0.05% | 524 | 12.08% | 548 | 8.74% |
| 7 | 626 | 5.63% | 0 | 0.00% | 312 | 7.20% | 341 | 5.44% |
| 8 | 400 | 3.60% | 0 | 0.00% | 170 | 3.92% | 201 | 3.21% |
| 9 | 236 | 2.12% | 0 | 0.00% | 86 | 1.98% | 137 | 2.18% |
| 10 | 119 | 1.07% | 0 | 0.00% | 43 | 0.99% | 78 | 1.24% |
| 11 | 86 | 0.77% | 0 | 0.00% | 14 | 0.32% | 31 | 0.49% |
| 12 | 56 | 0.50% | 0 | 0.00% | 14 | 0.32% | 17 | 0.27% |
| 13 | 20 | 0.18% | 0 | 0.00% | 4 | 0.09% | 10 | 0.16% |
| 14 | 9 | 0.08% | 0 | 0.00% | 3 | 0.07% | 3 | 0.05% |
| 15 | 9 | 0.08% | 0 | 0.00% | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% |
| 16 | 2 | 0.02% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 2 | 0.03% |
| 17 | 1 | 0.01% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 19 | 1 | 0.01% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 計 | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-7 目的地数とツアータイプのクロス集計結果 (小型車)

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|----|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 2 | 2298 | 12.94% | 488 | 65.42% | 0 | 0.00% | 1198 | 12.27% |
| 3 | 2183 | 12.29% | 179 | 23.99% | 681 | 13.70% | 1264 | 12.94% |
| 4 | 2415 | 13.60% | 63 | 8.45% | 903 | 18.17% | 1418 | 14.52% |
| 5 | 2325 | 13.09% | 15 | 2.01% | 876 | 17.62% | 1528 | 15.65% |
| 6 | 2219 | 12.50% | 1 | 0.13% | 798 | 16.05% | 1240 | 12.70% |
| 7 | 1865 | 10.50% | 0 | 0.00% | 521 | 10.48% | 1040 | 10.65% |
| 8 | 1545 | 8.70% | 0 | 0.00% | 412 | 8.29% | 762 | 7.80% |
| 9 | 1128 | 6.35% | 0 | 0.00% | 261 | 5.25% | 501 | 5.13% |
| 10 | 691 | 3.89% | 0 | 0.00% | 213 | 4.28% | 350 | 3.58% |
| 11 | 486 | 2.74% | 0 | 0.00% | 113 | 2.27% | 203 | 2.08% |
| 12 | 250 | 1.41% | 0 | 0.00% | 69 | 1.39% | 110 | 1.13% |
| 13 | 156 | 0.88% | 0 | 0.00% | 47 | 0.95% | 79 | 0.81% |
| 14 | 83 | 0.47% | 0 | 0.00% | 33 | 0.66% | 38 | 0.39% |
| 15 | 48 | 0.27% | 0 | 0.00% | 15 | 0.30% | 13 | 0.13% |
| 16 | 30 | 0.17% | 0 | 0.00% | 13 | 0.26% | 13 | 0.13% |
| 17 | 17 | 0.10% | 0 | 0.00% | 7 | 0.14% | 4 | 0.04% |
| 18 | 6 | 0.03% | 0 | 0.00% | 5 | 0.10% | 2 | 0.02% |
| 19 | 1 | 0.01% | 0 | 0.00% | 1 | 0.02% | 1 | 0.01% |
| 20 | 3 | 0.02% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 21 | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 2 | 0.04% | 1 | 0.01% |
| 22 | 1 | 0.01% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 23 | 2 | 0.01% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 24 | 3 | 0.02% | 0 | 0.00% | 1 | 0.02% | 0 | 0.00% |
| 25 | 1 | 0.01% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% | 0 | 0.00% |
| 計 | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |

表-8 拠点から各目的地への平均距離とツアータイプのクロス集計結果 (大型車)

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|------|---------|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| -10km | 412 | 23.25% | 646 | 15.82% | 252 | 36.36% | 484 | 39.22% | 203 | 7.75% |
| 10km-20km | 421 | 23.76% | 998 | 24.44% | 230 | 33.19% | 400 | 32.41% | 584 | 22.29% |
| 20km-30km | 408 | 23.02% | 1025 | 25.10% | 125 | 18.04% | 223 | 18.07% | 765 | 29.20% |
| 30km-40km | 254 | 14.33% | 697 | 17.07% | 49 | 7.07% | 75 | 6.08% | 465 | 17.75% |
| 40km-50km | 138 | 7.79% | 350 | 8.57% | 27 | 3.90% | 32 | 2.59% | 279 | 10.65% |
| 50km- | 139 | 7.84% | 367 | 8.99% | 10 | 1.44% | 20 | 1.62% | 324 | 12.37% |
| 計 | 1772 | 100.00% | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-9 拠点から各目的地への平均距離とツアータイプのクロス集計結果 (中型車)

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| -10km | 1218 | 26.05% | 1842 | 16.57% | 480 | 25.18% | 1199 | 27.65% | 804 | 12.82% |
| 10km-20km | 1555 | 33.25% | 3732 | 33.58% | 843 | 44.23% | 1956 | 45.11% | 1940 | 30.94% |
| 20km-30km | 1090 | 23.31% | 2730 | 24.56% | 418 | 21.93% | 831 | 19.17% | 1577 | 25.15% |
| 30km-40km | 462 | 9.88% | 1513 | 13.61% | 119 | 6.24% | 225 | 5.19% | 974 | 15.53% |
| 40km-50km | 209 | 4.47% | 727 | 6.54% | 35 | 1.84% | 89 | 2.05% | 537 | 8.56% |
| 50km- | 142 | 3.04% | 571 | 5.14% | 11 | 0.58% | 36 | 0.83% | 439 | 7.00% |
| 計 | 4676 | 100.00% | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-10 拠点から各目的地への平均距離とツアータイプのクロス集計結果（小型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|------|---------|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| -10km | 1415 | 49.13% | 4495 | 25.32% | 298 | 39.95% | 2078 | 41.80% | 2261 | 23.15% |
| 10km-20km | 813 | 28.23% | 7289 | 41.05% | 292 | 39.14% | 1939 | 39.01% | 3770 | 38.61% |
| 20km-30km | 384 | 13.33% | 3780 | 21.29% | 112 | 15.01% | 616 | 12.39% | 2246 | 23.00% |
| 30km-40km | 181 | 6.28% | 1290 | 7.27% | 35 | 4.69% | 251 | 5.05% | 934 | 9.56% |
| 40km-50km | 53 | 1.84% | 543 | 3.06% | 9 | 1.21% | 71 | 1.43% | 294 | 3.01% |
| 50km- | 34 | 1.18% | 359 | 2.02% | 0 | 0.00% | 16 | 0.32% | 260 | 2.66% |
| 計 | 2880 | 100.00% | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |

表-11 各目的地の目的地中心への平均距離とツアータイプのクロス集計結果（大型車）

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| -1km | 361 | 8.84% | 45 | 6.49% | 65 | 5.27% | 29 | 1.11% |
| 1km-10km | 1451 | 35.54% | 391 | 56.42% | 620 | 50.24% | 654 | 24.96% |
| 10km-20km | 1231 | 30.15% | 168 | 24.24% | 349 | 28.28% | 1024 | 39.08% |
| 20km-30km | 634 | 15.53% | 65 | 9.38% | 157 | 12.72% | 625 | 23.85% |
| 30km- | 406 | 9.94% | 24 | 3.46% | 43 | 3.48% | 288 | 10.99% |
| 計 | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-12 各目的地の目的地中心への平均距離とツアータイプのクロス集計結果（中型車）

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| -1km | 687 | 6.18% | 54 | 2.83% | 77 | 1.78% | 60 | 0.96% |
| 1km-10km | 5060 | 45.52% | 992 | 52.05% | 2159 | 49.79% | 2265 | 36.12% |
| 10km-20km | 3645 | 32.79% | 701 | 36.78% | 1715 | 39.55% | 2540 | 40.50% |
| 20km-30km | 1335 | 12.01% | 145 | 7.61% | 326 | 7.52% | 1082 | 17.25% |
| 30km- | 388 | 3.49% | 14 | 0.73% | 59 | 1.36% | 324 | 5.17% |
| 計 | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-13 各目的地の目的地中心への平均距離とツアータイプのクロス集計結果（小型車）

| | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-----------|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| -1km | 1443 | 8.13% | 78 | 10.46% | 169 | 3.40% | 137 | 1.40% |
| 1km-10km | 12134 | 68.34% | 426 | 57.10% | 3207 | 64.51% | 6059 | 62.05% |
| 10km-20km | 3379 | 19.03% | 216 | 28.95% | 1367 | 27.50% | 2792 | 28.59% |
| 20km-30km | 674 | 3.80% | 24 | 3.22% | 211 | 4.24% | 630 | 6.45% |
| 30km- | 126 | 0.71% | 2 | 0.27% | 17 | 0.34% | 147 | 1.51% |
| 計 | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |

表-14 拠点の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（大型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 228 | 12.87% | 595 | 14.57% | 71 | 10.25% | 121 | 9.81% | 400 | 15.27% |
| 商業系用途地域 | 61 | 3.44% | 149 | 3.65% | 17 | 2.45% | 27 | 2.19% | 144 | 5.50% |
| 工業系用途地域 | 839 | 47.35% | 1498 | 36.69% | 378 | 54.55% | 623 | 50.49% | 1019 | 38.89% |
| 市街化調整区域 | 585 | 33.01% | 1713 | 41.95% | 216 | 31.17% | 438 | 35.49% | 953 | 36.37% |
| 都市計画区域外 | 59 | 3.33% | 128 | 3.13% | 11 | 1.59% | 25 | 2.03% | 104 | 3.97% |
| 計 | 1772 | 100.00% | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-15 拠点の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（中型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 723 | 15.46% | 2296 | 20.66% | 231 | 12.12% | 578 | 13.33% | 1249 | 19.92% |
| 商業系用途地域 | 195 | 4.17% | 366 | 3.29% | 55 | 2.89% | 159 | 3.67% | 507 | 8.08% |
| 工業系用途地域 | 2205 | 47.16% | 3918 | 35.25% | 1003 | 52.62% | 2299 | 53.02% | 2356 | 37.57% |
| 市街化調整区域 | 1447 | 30.95% | 4244 | 38.18% | 589 | 30.90% | 1225 | 28.25% | 1962 | 31.29% |
| 都市計画区域外 | 106 | 2.27% | 291 | 2.62% | 28 | 1.47% | 75 | 1.73% | 197 | 3.14% |
| 計 | 4676 | 100.00% | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-16 拠点の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（小型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 787 | 27.33% | 3981 | 22.42% | 172 | 23.06% | 944 | 18.99% | 2715 | 27.80% |
| 商業系用途地域 | 202 | 7.01% | 1223 | 6.89% | 46 | 6.17% | 311 | 6.26% | 1361 | 13.94% |
| 工業系用途地域 | 1210 | 42.01% | 8155 | 45.93% | 358 | 47.99% | 2628 | 52.87% | 3547 | 36.32% |
| 市街化調整区域 | 626 | 21.74% | 4100 | 23.09% | 145 | 19.44% | 966 | 19.43% | 1955 | 20.02% |
| 都市計画区域外 | 55 | 1.91% | 297 | 1.67% | 25 | 3.35% | 122 | 2.45% | 187 | 1.92% |
| 計 | 2880 | 100.00% | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |

表-17 拠点からの最遠目的地の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（大型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 163 | 9.20% | 422 | 10.34% | 90 | 12.99% | 175 | 14.18% | 247 | 9.43% |
| 商業系用途地域 | 82 | 4.63% | 301 | 7.37% | 48 | 6.93% | 95 | 7.70% | 154 | 5.88% |
| 工業系用途地域 | 1034 | 58.35% | 2377 | 58.22% | 370 | 53.39% | 638 | 51.70% | 1584 | 60.46% |
| 市街化調整区域 | 412 | 23.25% | 764 | 18.71% | 160 | 23.09% | 280 | 22.69% | 511 | 19.50% |
| 都市計画区域外 | 81 | 4.57% | 219 | 5.36% | 25 | 3.61% | 46 | 3.73% | 124 | 4.73% |
| 計 | 1772 | 100.00% | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-18 拠点からの最遠目的地の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（中型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 1013 | 21.66% | 2274 | 20.46% | 478 | 25.08% | 1163 | 26.82% | 1141 | 18.19% |
| 商業系用途地域 | 734 | 15.70% | 1655 | 14.89% | 393 | 20.62% | 953 | 21.98% | 758 | 12.09% |
| 工業系用途地域 | 2038 | 43.58% | 5108 | 45.96% | 785 | 41.19% | 1649 | 38.03% | 2945 | 46.96% |
| 市街化調整区域 | 736 | 15.74% | 1607 | 14.46% | 207 | 10.86% | 470 | 10.84% | 1112 | 17.73% |
| 都市計画区域外 | 155 | 3.31% | 471 | 4.24% | 43 | 2.26% | 101 | 2.33% | 315 | 5.02% |
| 計 | 4676 | 100.00% | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-19 拠点からの最遠目的地の用途地域とツアータイプのクロス集計結果（小型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|---------|------|---------|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 住居系用途地域 | 826 | 28.68% | 5722 | 32.23% | 225 | 30.16% | 1556 | 31.30% | 3057 | 31.31% |
| 商業系用途地域 | 626 | 21.74% | 5714 | 32.18% | 257 | 34.45% | 1741 | 35.02% | 2357 | 24.14% |
| 工業系用途地域 | 1004 | 34.86% | 4240 | 23.88% | 187 | 25.07% | 1155 | 23.23% | 2686 | 27.51% |
| 市街化調整区域 | 374 | 12.99% | 1695 | 9.55% | 67 | 8.98% | 426 | 8.57% | 1383 | 14.16% |
| 都市計画区域外 | 50 | 1.74% | 385 | 2.17% | 10 | 1.34% | 93 | 1.87% | 282 | 2.89% |
| 計 | 2880 | 100.00% | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |

表-20 出発時間帯とツアータイプのクロス集計結果（大型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-------------|------|---------|------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 00:00-08:00 | 1154 | 65.12% | 2612 | 63.97% | 378 | 54.55% | 809 | 65.56% | 1160 | 44.27% |
| 08:00-16:00 | 561 | 31.66% | 982 | 24.05% | 240 | 34.63% | 310 | 25.12% | 902 | 34.43% |
| 16:00-00:00 | 57 | 3.22% | 489 | 11.98% | 75 | 10.82% | 115 | 9.32% | 558 | 21.30% |
| 計 | 1772 | 100.00% | 4083 | 100.00% | 693 | 100.00% | 1234 | 100.00% | 2620 | 100.00% |

表-21 出発時間帯とツアータイプのクロス集計結果（中型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-------------|------|---------|-------|---------|------|---------|------|---------|------|---------|
| 00:00-08:00 | 2337 | 49.98% | 7148 | 64.31% | 1059 | 55.56% | 2630 | 60.65% | 3440 | 54.86% |
| 08:00-16:00 | 1436 | 30.71% | 2434 | 21.90% | 495 | 25.97% | 880 | 20.30% | 1988 | 31.70% |
| 16:00-00:00 | 903 | 19.31% | 1533 | 13.79% | 352 | 18.47% | 826 | 19.05% | 843 | 13.44% |
| 計 | 4676 | 100.00% | 11115 | 100.00% | 1906 | 100.00% | 4336 | 100.00% | 6271 | 100.00% |

表-22 出発時間帯とツアータイプのクロス集計結果（小型車）

| | SD | | SP | | MD | | MX | | NB | |
|-------------|------|---------|-------|---------|-----|---------|------|---------|------|---------|
| 00:00-08:00 | 1326 | 46.04% | 10796 | 60.80% | 475 | 63.67% | 3245 | 65.28% | 5657 | 57.93% |
| 08:00-16:00 | 1106 | 38.40% | 4375 | 24.64% | 213 | 28.55% | 1070 | 21.52% | 2900 | 29.70% |
| 16:00-00:00 | 448 | 15.56% | 2585 | 14.56% | 58 | 7.77% | 656 | 13.20% | 1208 | 12.37% |
| 計 | 2880 | 100.00% | 17756 | 100.00% | 746 | 100.00% | 4971 | 100.00% | 9765 | 100.00% |