

商用車プローブデータを用いた特殊車両の 経路選択特性に関する基礎的検討

松岡 直¹・Jan-Dirk SCHMÖCKER²・西垣 友貴³・中尾 聡史⁴
山田 忠史⁵・Ali Gul QURESHI⁶

¹ 学生非会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: matsuka.nao.62s@st.kyoto-u.ac.jp

² 正会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: schmoecker@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

³ 学生会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: nishigaki@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁴ 正会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: nakao@trans.kuciv.kyoto-u.ac.jp

⁵ 正会員 京都大学経営管理大学院（工学研究科併任）（〒606-8317 京都府京都市左京区吉田本町）
E-mail: yamada.tadashi.2x@kyoto-u.ac.jp

⁶ 正会員 京都大学大学院工学研究科（〒615-8540 京都府京都市西京区京都大学桂）
E-mail: qureshi.aligul.4c@kyoto-u.ac.jp

近年、ドライバー不足などにより、貨物車の大型化が進展している。中でも、特殊車両は、道路を通行するのに許可の申請が必要であり、その通行申請件数は年々増加している。特殊車両は、車両の構造が特殊であることから、その経路選択行動は、車両の長さ、幅、高さ、及び総重量に大きな制約を受ける。そのため、特殊車両は最短経路を選択できずに、迂回するような経路を選択していることが考えられる。本研究では、こうした特殊車両の経路選択行動の特性を把握するため、大型車及び特殊車両を含む特大車を対象として商用車プローブデータを用いた基礎的な検討を行う。具体的には、リンクペナルティ法により経路選択枝を生成し、多項ロジットモデルを適用した分析を行うこととする。

Key Words: 特殊車両, 経路選択, リンクペナルティ法

1. はじめに

近年、わが国ではトラックドライバーの不足が深刻化している。その一方で、営業用トラックによる輸送トンキロは横ばいの傾向を見せており、ドライバーの一人当たりの輸送量を上げる必要があることから、貨物車の大型化が進んでいる。

一方で、貨物車の大型化に伴う重量の増加による、道路へのダメージの増大や、道路幅に対して貨物車が大きくなることに起因する、交通事故リスクの増加が危惧される。これを防ぐため、高さ、長さ、総重量などの一定の基準を満たす特殊車両が通行する際は、トラック事業者による道路管理者への特殊車両通行許可の申請が必要である。しかし、トラック事業者はこの申請書類の作成

に多くの時間をかける必要があり、申請件数の増加を受けてトラック事業者の負担が増える結果となった。加えて、道路管理者が処理する申請件数も増加し、結果として通行許可の審査日数の長期化が深刻な問題となった。この事態を改善すべく、平成 30 年 3 月に道路法の改正が行われ、重要物流道路制度が創設された。この制度によって道路構造上、特殊車両の通行が支障のない区間は通行許可が不要となったが、この制度の対象外の道路では依然として通行許可を申請する必要がある。

このようなトラック事業者と道路管理者の双方に大きな負担がかかっている現状の改善には、道路システムの DX を通じた道路ネットワークの最適化や通行許可の申請プロセスの効率化が求められる。そこで本研究では前者の実現に向けて商用車のプローブデータを用いて、特

殊車両の経路選択の特性把握に向けた、基礎的な検討を行う。具体的には、商用車プローブデータに記録されたトリップをもとにリンクペナルティ法を用いて経路選択肢を生成し、多項ロジット(MNL)モデルを用いた分析を行う。

2. 既往研究と本研究の位置付け

プローブデータを用いた車両の経路選択行動に関する調査の例としては、三輪ら¹⁾によるものが挙げられる。三輪らは名古屋都市圏においてタクシーを調査対象とし、乗客の乗車から降車までのトリップで MNL モデル、ネステッドロジットモデル(NL)モデルなどの複数のモデルを構築し、ドライバーの経路選択行動の再現を試みている。その結果、ドライバーが経路選択に用いている情報にはかなり曖昧なものが多いことや、モデルの適用度が実用には耐えうる水準に達しないことに加えて、モデルの中ではトリップの最中の選択経路の変更は想定していないため、動的なモデルの導入の必要性を指摘している。

特殊車両の経路選択特性に関する調査としては萩野ら²⁾による、特殊車両の中でも海上コンテナ車に着目したものが挙げられる。特車通行許可申請データから抽出した海上コンテナ車の経路データと重さ指定や高さ指定、交差点折進障害などの道路の通行支障データを使用し、経路選択特性の分析を行なっている。

本研究では、調査対象を大型車と特大車とする。なお、萩野ら²⁾は経路の通行支障データを使用していたのに対し、本研究では道路幅等の道路属性を使用した。加えて、三輪ら¹⁾は経路選択肢としてタクシーが通行した経路のみを用いていたが、本研究ではプローブデータから得られた経路に加えて、リンクペナルティ法によって得られた経路選択肢も加えることとする。

3. 使用データの概要

(1) 商用車プローブデータの概要

本研究で使用するプローブデータは、2020年9月1日～2020年11月30日までを対象期間とし、ETC 車両区分が大型車あるいは特殊車両を含む特大車と判定された車両が対象である。プローブデータは大阪市、淀川に沿った大阪市と京都市の間にある都市、大阪の港湾エリア、神戸市を中心としたエリアを含む2次メッシュ(図-1)を対象としており、各トラックが通過したリンク及びその通過時刻・通過時間が記録されている。ただし、本データは運送企業のプライバシー保護の観点から、起終点周辺のリンクが削除されていることから、各車両の詳細

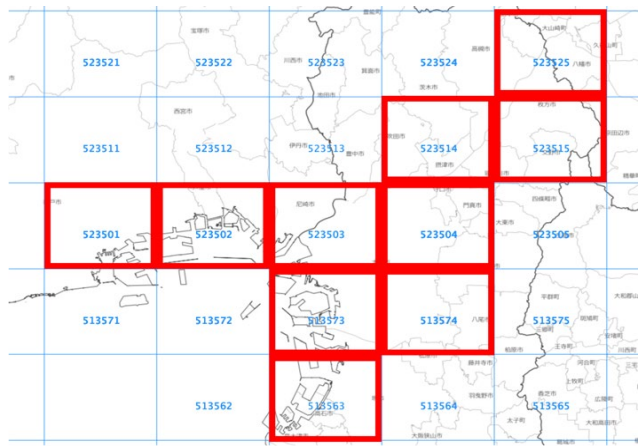


図-1 プローブデータの対象範囲

な出発地・目的地は特定できないようになっている。

(2) 本研究で使ったトリップの抽出方法

商用車プローブデータに含まれるトリップ数が膨大であるために、本研究では一定の基準を定め、基準を満たすトリップのみを対象とした。

はじめに、商用車プローブデータに記録されている全てのトリップのODペアの抽出を行い、これらの始点ノードと終点ノードが属する500m四方の4次メッシュを特定し、全てのトリップのグループ分けを行った。

次に、ODペアに含まれる各トリップの高速道路利用率(高速道路の使用距離がトリップ全体の長さにも占める割合)を、0～10%から90～100%までの10%刻みで10個のカテゴリに分類し、これらのトリップが3つ以上のカテゴリに分類された場合、このODペアを抽出することとした。

加えて、起終点間に別の目的地があるトリップが含まれてしまうと、そうではないトリップとは明らかに異なる基準で経路を選択することになる。その影響を排除すべく、起終点の他に目的地を含んでいないという前提に立った場合に、過度な迂回をしていると判断できるトリップを含むODを除外することとした。具体的には、最長のトリップの長さが20kmを上回るODを除外した。

さらに、ODメッシュ間のトリップの多様性を確保するため、以下に示す3つの基準に従って、分析対象とするODペアの抽出を行った。

- 1) 50個以上のトリップが観測されている
- 2) 5%以上が特大車によるトリップである
- 3) 出発時刻を1時間刻みで24個のカテゴリに分類した場合、6つ以上のカテゴリに分類できる

集計の結果、これらを満たすODペアの多くが北大阪トラックターミナルと東大阪トラックターミナルを発着とするものであった。そこで、本研究では、北大阪トラックターミナルや大阪府中央卸市場周辺のメッシュを出発地(図-2)、東大阪トラックターミナル周辺のメッシ

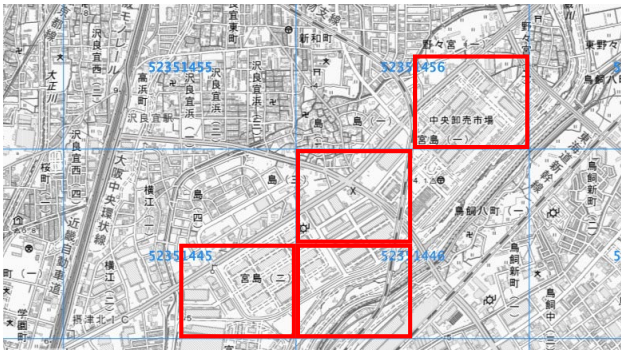


図-2 出発地が含まれるメッシュ

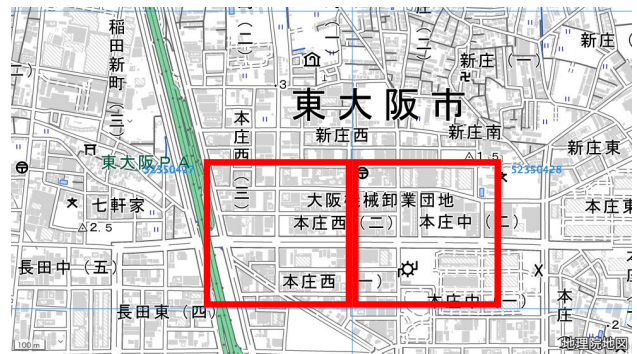


図-3 到着地が含まれるメッシュ

表-1 抽出した OD ペアの車両数とトリップ数

O メッシュ No.	D メッシュ No.	大型車台数	特大車台数	大型車トリップ数	特大車トリップ数
523514452	523504272	12	2	106	23
523514461	523504272	53	3	196	19
523514562	523504272	23	8	121	15
523514562	523504281	30	13	204	42
523514474	523504272	42	3	154	10

メッシュを到着地 (図-3) とする OD ペアを抽出した (表-1)。

(3) DRM データの概要

本研究では、商用車プローブデータと、(財)日本デジタル道路地図協会が作成した基本道路データベース (以下 DRM) から得られた各リンクの長さ道路幅、道路管理者、交通量などの道路属性データをマッチングさせて使用する。

(4) 分析対象とする経路選択枝

本研究ではリンクベースでトリップに着目し、経路を識別する。トリップの中のリンクが1つだけ異なる場合も別の経路とみなすため、商用車プローブデータに記録されている全ての経路を経路選択枝とする場合、MNL モデルに投入する際の選択枝が膨大な数になるおそれがある。そのため、本研究では各 OD4 次メッシュ間で車両の通過が 3 回以上観測された経路を抽出した。その概要を表-2 に示す。

表-2 対象とする経路数

O メッシュ No.	D メッシュ No.	トリップ数	経路数	対象経路数
523514452	523504272	129	35	15
523514461	523504272	215	69	17
523514562	523504272	136	21	8
523514562	523504281	247	19	10
523514474	523504272	164	26	9

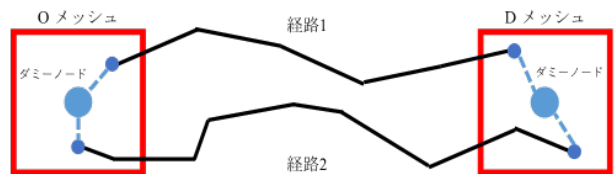


図-4 ダミーノードのイメージ図

ダミーノードを作成し、各トリップの最初のノードおよび最後のノードとの間に長さが 0 のダミーリンクを設けることで、各メッシュを発着するトリップの出発点・終着点を一致させた。この工程のイメージを図-4 に示す。

次に、各 O メッシュと D メッシュの組み合わせに対してダイクストラ法を用いて最短経路を導き出した。次に、ダイクストラ法によって導出した経路に対してリンクペナルティ法³⁾に基づき、最短経路に含まれる全てのリンクにペナルティを与えた。本研究では、経路選択枝同士に大きな差異が生まれるように、トリップ全体の長さよりもはるかに長いリンクになるようなペナルティを与えた。次に、ペナルティが与えられたリンクを含むネットワークを用いて再びダイクストラ法で最短経路を求め、経路選択枝に加えた。この工程を繰り返し、5 つの

4. 経路選択モデルの構築

(1) リンクペナルティ法による経路選択枝の生成

商用車プローブデータから得られる経路選択枝に加えて、本研究ではリンクペナルティ法を用いて新たな経路を生成し、実際の車両が選択しなかった経路として MNL モデルに加えた。

本研究で扱うトリップは各メッシュ内で複数のノードを出発点、終着点としている。そこで、各メッシュにダ

経路選択枝を新たに生成し、商用車プローブデータから得られた経路に加えた。例として、O メッシュが 523514562, D メッシュが 523504281 のトリップに対して作成した経路選択枝を図-5 に示す。

(2) MNL モデルの推定

本研究では経路選択特性を推定するために、トラックドライバーが自らの効用を最大化するために意思決定を行っている」と仮定する、MNL モデルを使用する。MNL モデルは以下の式 (1), (2) で表される。

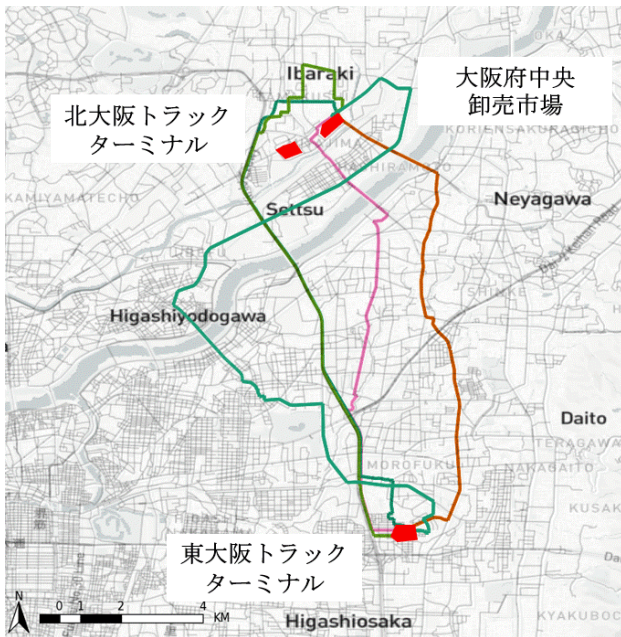


図-5 リンクペナルティ法によって生成した経路

$$P_k = \frac{\exp(\mu V_k)}{\sum_{k' \in R} \exp(\mu V_{k'})} \quad (1)$$

$$V_k = \sum_i \beta_i x_{ki} \quad (2)$$

ここで、 P_k は選択枝集合 R の中から経路 k をトラックドライバーが選択する確率、 μ はスケールパラメータ、 V_k 経路 k の効用の確定項、 β は未知パラメータ、 x は説明変数である。

(2) MNL モデルで使用した説明変数

「経路長」はトリップ全体の長さを m 単位で示し、「高速道路割合」は西日本高速道路株式会社、阪神高速道路株式会社が管理する道路を走行した距離がトリップ全体に占める割合、「市町村道路割合」は市町村が管理する道路を走行した距離がトリップ全体に占める割合を示す。

「平均道路幅」は DRM から道路幅を得られるリンクのみを集計対象とし、道路幅(m)にリンク長を掛け合わせたものの和をリンクの長さの総和で割り、走行経路の平均道路幅を示す指標とした。「特車通行システム対象道路割合」は、DRM において「特車通行システム対象コード」が「該当あり」のリンクの距離割合を示している。ただし、特車通行システムに掲載されている道路が必ずしも道路構造上、大型車及び特大車が通行可能であるとは限らない点に注意が必要である。

また、DRM に記載されているノードの座標を使用することで、各トリップの「右折回数」と「左折回数」を算出した。なお、本研究における右折は上流側と下流側のリンクの角度が 45 度~135 度、左折も 45 度~135 度の場合とする。

その他にも、DRM 上で「本線」以外に分類された道路

表-3 MNL モデルの推定結果

説明変数	大型車 + 特大車		大型車		特大車	
	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値	パラメータ	t 値
経路長(m)	0.00	0.24	0.00	0.08	0.00	-0.57
高速道路割合	0.74	3.22 **	0.72	2.97 **	1.96	2.84 **
市町村道割合	4.72	1.63 †	3.39	1.13	2.71	0.64
平均道路幅	-0.27	-7.15 **	-0.27	-6.91 **	-0.19	-2.24 *
特車通行システム対象道路割合	9.97	2.58 **	8.20	2.18 *	6.16	1.25
左折回数	0.34	2.98 **	0.40	3.40 **	0.13	0.89
右折回数	-0.50	-4.11 **	-0.56	-4.66 **	-0.14	-0.79
U ターン回数	1.04	4.00 **	1.13	4.34 **	0.06	0.12
小規模交差点通過回数	0.02	3.12 **	0.03	4.47 **	0.01	0.68
生成経路ダミー	-3.27	-5.35 **	-3.48	-5.85 **	-0.99	-1.39 †
サンプル数	630		544		119	
決定係数	0.120		0.118		0.096	
調整済み決定係数	0.114		0.111		0.063	

** : p < 0.01, * : p < 0.05, † : p < 0.10

同士が交わる交差点を通過した回数を「小規模交差点通過回数」として説明変数と加えた。またリンクペナルティ法によって生成された経路にはダミーを与え、「生成経路ダミー」として加えた。

大型車と特大車を区別しないモデル、大型車のみを対象としたモデル、特大車のみを対象としたモデルの推定結果を表-3 に示す。

(3) 考察

モデルの推定結果より、経路の長さは経路選択に有意な影響を与えないことが確認された。これは、本モデルの推定対象となった出発と到着地の間の距離が 10km 程度しかなく、経路によって大きな差が出なかったことが理由として考えられる。加えて、通行が可能な道路からしか選択できないという強い制約があり、経路の長さによって経路を選択することが不可能である可能性も考えられる。

次に、平均道路幅は狭い経路がドライバーに選ばれやすいという傾向が見られたが、本モデルでは道路幅のデータが DRM 上に載っていないリンクは平均道路幅の算出に使用していないことがその要因として考えられる。DRM 上に道路幅等のデータがないリンクは比較的小規模な道路であると推察されるため、本研究で使用した平均道路幅はそもそもある程度幅が広いリンクばかりが算出に使用されており、そもそも道路幅による通行のしづらさが反映できていない可能性が考えられる。

ただし、高速道路の使用割合は両車種において正に有意となっており、特大車の方がこの傾向が強いことから、特大車は大型車と比較して、より幅が広く、通行がしやすい高速道路を他の道路種に比べて選択する傾向が確認できる。また、市町村道では逆の傾向が見られたことから、特大車は通行のしやすさを基準に経路を選んでいると考えられる。

また、本モデルでは左折回数が多く、右折回数が少ない経路が選択されやすいことを示す結果となった。この傾向は特大車の方が低く、内輪差などによって生じる構造上の理由から特大車よりも大型車の方が左折回数の多い経路を選択する傾向が強いことがわかる。大型車と特大車の両車種は右折回数の少ない経路を選択する傾向にあるという結果となったが、特大車の方がこの傾向が弱いことから、右折は負担に感じるものの、左折と比べたときの抵抗は大型車よりも小さいことが考えられる。

全体的に、特大車のモデルでは大型車のモデルに比べて多くの説明変数が有意な結果を示さなかった。このことは、特大車のモデル推定に使用したサンプル数が少なかつたことが要因だと考えられる。

5. おわりに

本研究では大型車及び特大車の商用車プローブデータを用いて、MNL モデルの推定を行い、経路選択特性に関する基礎的な把握を行った。その結果、特大車は、大型車と比較して、高速道路を選択しやすい傾向や、左折よりも右折を選択しやすい傾向にあることが確認された。

ただし、本研究では、北大阪トラックターミナルと東大阪トラックターミナルの間の経路のみを対象としたことから、この出発地点と到着地点の間に存在するバイパスを排除できておらず、今後は異なる出発地と到着地の商用車プローブデータをモデル推定に使用する必要がある。また、本研究で使用した DRM には道路幅や 7 時から 19 時の間の交通量をはじめとする道路属性、重量規制をはじめとする各規制の情報が欠損しているリンクが多い点が課題として挙げられる。そのため、説明変数が正確な道路属性を表せていない可能性がある。加えて、本研究で使用した商用車プローブデータには、車両の大きさや重量などの情報が含まれておらず、車両そのものの属性による経路選択の差異が十分に考慮できていない点も課題として挙げられる。なお、MNL モデルには、「赤バス・青バス」問題に代表される経路の類似性を表現できないという問題があるが³⁾、これを解消すべく、今後は NL モデル、C-Logit モデル、Path-Size Logit モデルの構築を通して、経路同士の類似性の影響を考慮した考察を行う予定である。

謝辞：本研究は国土交通省道路局の「道路政策の質の向上に資する技術研究開発」制度により実施されたものである。ここに記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 三輪富生, 森川高行: プローブカーデータを利用した経路選択行動に関するモデル分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, pp.553-560, 2004.
- 2) 萩野保克, 兵藤哲郎, 宮原ゆい: 特車申請電子データ及び道路情報便覧データを用いた海上コンテナ車の経路選択特性, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.67, No.5, pp.599~609, 2011.
- 3) Carlo Giacomo Prato: Route choice modeling: past, present and future research directions, *Journal of Choice Modelling*, Vol.2, No.1, pp.65-100, 2009.
- 4) 笹井秀哉, 兵藤哲郎, 鈴木紀一, 高橋洋二: 自転車経路選択モデルの比較検討分析, 土木計画学研究・論文集, Vol.21, No.2, pp. 598-606, 2004.

BASIC STUDY ON ROUTE CHOICE CHARACTERISTICS OF OVERSIZE
VEHICLES USING COMMERCIAL PROBE DATA

Nao MATSUOKA, Jan-Dirk SCHMÖCKER, Tomoki NISHIGAKI, Satoshi NAKAO,
Tadashi YAMADA, Ali Gul QURESHI