

プローブカーデータを利用したドライバーの経路選択行動に関する研究*

The Study of Driver's Route Choice Behaviors using Probe-Car Data*

三輪富生**・森川高行***

By Tomio MIWA**・Takayuki MORIKAWA***

1. はじめに

プローブカーデータにより得られる走行軌跡は、時々刻々と変化する交通状況と、それに応じてドライバーが選択した経路を正確に伝えるという点において重要な意味を持っている。すなわち、ドライバーが選択した経路を正確に伝えるのみならず、トリップを行う時点、およびトリップ中における交通状況をも合わせて伝えることができる。このようにプローブカーデータを利用することで、ドライバーの経路選択行動を詳細に分析することが可能となる。

経路選択行動の分析は、その選択対象となる経路のサービスレベルが時々刻々と変化している点において、より動的に捉えられるべきである。ここで述べる“動的”とは、出発地点での経路選択に加えて、トリップ中においてもドライバーは交通状況の変化に応じて選択経路を変更することを指す。また、経路を変更しようとする際に認知される経路集合は、トリップ中のドライバーの位置によって変化すると考えられる。つまり出発地点では選択肢として認知していなかった経路についても、トリップ途中でその存在と効用を新たに認知する、もしくは認知し直すと考えられる。静的な均衡配分のように、トリップ中の時間的変化を扱わない場合においても、現実に選択された経路のアウトプットは、上記のような選択行動の繰り返しの結果であり、リンク交通量が各ドライバーのネットワーク認知とそれに伴う経路選択・変更行動の集積である点から考えれば、このような意思決定構造を明らかにすることは大変重要であり、交通状況の解明につながるはずである。

*キーワード：経路選択行動，プローブカー

**学生員，工修，名古屋大学大学院環境学研究科
(名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-3730，
E-mail:miwa@trans.civil.Nagoya-u.ac.jp)

***正員，Ph.D，名古屋大学大学院環境学研究科
(名古屋市千種区不老町，TEL:052-789-3564，
E-mail:morikawa@civil.Nagoya-u.ac.jp)

そこで本論文では、名古屋都市圏で取得されたプローブカーデータを用いて、静的な観点からドライバーの経路選択モデルを作成し、さらにこの選択行動を動的なモデルへと拡張する際の考え方を提案することを目的とする。

2. プローブカーデータの概要

(1) 実験の概要

本研究で使用するデータは、2002年1月28日～3月31日の2ヶ月間、名古屋都市圏において行われた「インターネットITSプロジェクト」(主体：経済産業省)の実証実験により取得されたデータである。この実験は、名古屋都市圏において約1,500台のタクシーをプローブカーとして行われ、データ送信はイベントスキニングである。収集データに関する基礎的な集計結果については、著者らによりすでにまとめられている¹⁾。

また、タクシーをプローブカーとする場合、乗客が乗車中のデータをトリップデータとして利用することができる。乗客を乗せたタクシーは目的地に到着する時刻に敏感であると考えられ、経路選択行動分析には適したデータである。

(2) データ整理

通常プローブカーデータの走行位置は座標として与えられ、交通データとして最も重要な情報である車両の走行路線については、車両位置や走行速度等を用いて、道路ネットワークにマッチングする必要がある。このため本研究で用いるデータは、著者らが開発したシステム²⁾により(財)日本デジタル道路地図協会の基本道路網(以下DRMと呼ぶ)にマッチングを行っている。

本研究では、名古屋駅～名古屋空港間のトリップを対象とする。このODペアは約10～15kmの距離であり、また名古屋都市圏でタクシートリップの最も多いペアの一つである。使用データについての基

礎的な情報を表 - 2 に示し，対象OD間のプローブカーによる経路交通量図を図 - 1，2 に示す．実際に利用された経路は，非常に多岐にわたっており，特に名古屋駅周辺では，幹線道路以外の街路が頻繁に利用されていることがわかる．

表 - 2 実験期間中の対象トリップデータ

	名古屋駅 空港		空港 名古屋駅	
	平日	休日	平日	休日
トリップ数	330	229	758	492
利用経路数	216	144	476	333

3. 経路選択モデルの作成

起終点間には無数の経路が存在するが，ドライバーが，そのすべての経路を認知しているとは考えにくい．このためよく用いられる考え方がTversky (1972) によるEBAの考え方である．無数に存在する利用可能経路集合から，経路属性が基準値を満たさない経路は，選択肢集合には含まれないとする考えである．ここではこの考え方をもとに，ドライバーによる経路認知モデル，および経路選択モデルを作成する．作成されるモデルは静的なモデル構造，つまり出発地点において終点までの詳細な経路を決定するものである．

(1) 経路認知モデル

ここでは，利用可能経路集合から，ドライバーにより実際に認知される経路を選別するモデルを作成する．しかし出発地点において，実際にドライバーが認知する経路集合を，プローブデータから得ることができない．このため，利用トリップ数が2トリップ以上存在する経路は出発地点においても認知されていると捉えてモデルを作成する．対象ODペアにおいて，実験期間中に発生したトリップのうち正確なマッチングが行われた経路は986経路，2トリップ以上のトリップ実績のある経路は184経路である．モデル式を式(1)，(2)に示し，推定結果を表 - 3 に示す．

経路kが認知される確率は，

$$P_k = \frac{\exp(U_k)}{\exp(\bar{I}_{cong}) + \exp(U_k)} \quad (1)$$

$$U_k = \sum b_i^k x_i^k + e \quad (2)$$

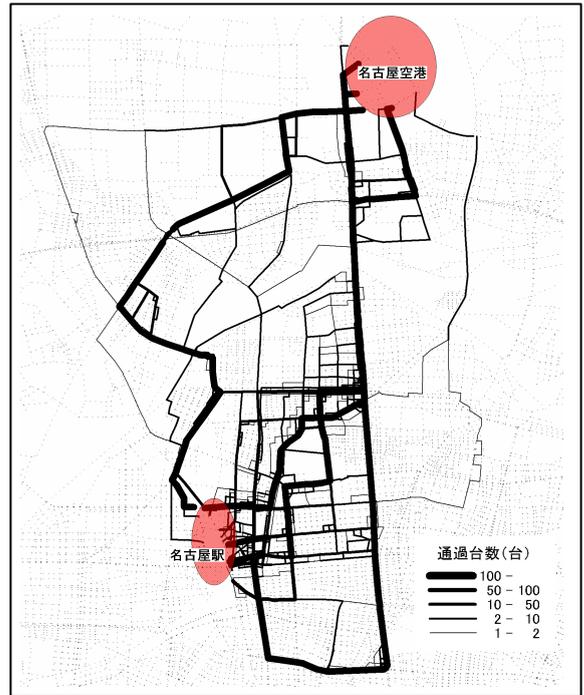


図 - 1 名古屋空港 名古屋駅の経路 (全日)

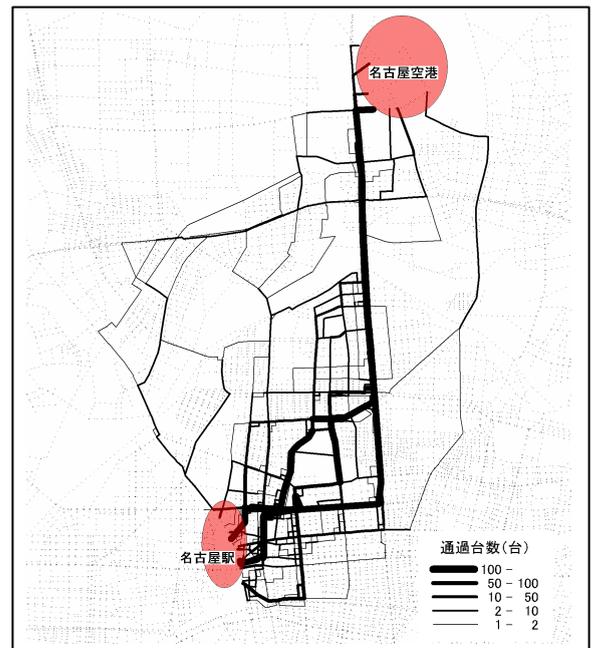


図 - 2 名古屋駅 名古屋空港の経路 (全日)

U_k : 経路 k の認知効用

b_i^k : 未知パラメータ

x_i^k : 説明変数

\bar{I}_{cong} : 認知されるための閾値

推定結果より，道路種別による認知されやすさについては，高速道路がもっとも高く，国道と主要道・県道は同程度に認知される傾向がある．また，右折，Uターンの数が増加するほど，認知されにくくなる傾向がある．

表 - 3 経路認知モデルの推定結果

説明変数	パラメータ
閾値 \bar{T}_{cong}	3.39 (2.7)
経路距離/平均距離	-1.94 (-2.4)
右折, U ターン数	-4.09 (-3.5)
高速利用距離/経路距離	5.73 (4.7)
国道利用距離/経路距離	4.95 (4.0)
主要道・県道利用距離/経路距離	5.08 (4.2)
\bar{r}^2 値	0.352

サンプル数：986 (t 値)

(2) 経路選択モデル

次いで経路選択モデルを作成する。ドライバーは経路選択を行う際、まずはじめに利用する幹線道路を選択するとし、利用幹線に対するアクセス・イグレス経路は幹線ごとに独立していると考え。なお利用幹線道路は、各経路での最も長い距離利用された県道以上の路線とする。この際のモデル構造を図 - 3 に示し、モデル式を式 (3) ~ (5) に示す。また、推定結果を表 - 4 に示す。

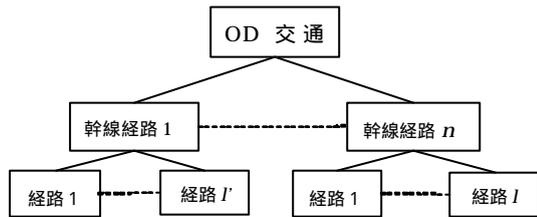


図 - 3 経路選択モデルの構造

幹線nを選択するとき、経路lを選択する確率は、

$$P^{rs,n}(l) = \frac{\exp\left(m \sum_i \hat{b}_i x_{l,i}^{rs,n}\right)}{\sum_{l' \in k_{rs,n}} \exp\left(m \sum_i \hat{b}_i x_{l',i}^{rs,n}\right)} \quad (3)$$

このとき幹線nを選択する確率は

$$P^{rs}(n) = \frac{\exp\{\hat{q} S_n^{rs} + a\}}{\sum_{l' \in R_{rs,n}} \exp\{\hat{q} S_{l'}^{rs} + a\}} \quad (4)$$

$$S_n^{rs} = \frac{1}{m} \ln \sum_{l \in k_{rs,n}} \exp\left(m \sum_i \hat{b}_i x_{l,i}^{rs,n}\right) \quad (5)$$

$x_{l,i}^{rs,n}$: OD ペア rs 間における経路 l の i 番目説明変数

m, \hat{b}_i, \hat{q}, a : 未知パラメータ

$k_{rs,n}$: OD ペア rs 間における幹線道路 n を利用した時の利用可能経路集合

R_{rs} : OD ペア rs 間における利用可能幹線経路集合

表 - 4 経路選択モデルの推定結果

説明変数		パラメータ
幹線選択	スケール \hat{q}	0.928 (19.2)
	高速道路ダミー	0.540 (3.4)
経路選択	所要時間(60分) \hat{b}_1	-1.73 (-2.5)
	右折,U ターン数 \hat{b}_2	-0.0398 (0.7)
\bar{r}^2 値		0.160

サンプル数：731 (t 値)

推定は名古屋空港 名古屋駅の平日トリップの内、マッチングエラーが生じなかったデータを用いた。推定に際して、選択されなかった経路の所要時間については、あらかじめ各リンクの5分間隔平均速度を平休別、天候別に、プローブデータから集計し作成した。推定結果は、適切な符号条件が得られたものの、右折, U ターン数のパラメータのt値が低い。またスケールパラメータの値が十分に1から離れておらず、提案する構造は十分に成立していない。ここで用いたデータは、幹線数が11路線、全経路数は476経路である。しかしドライバーがそのような大規模な集合から選択行動を行っているとは考えにくい。そこで次章では、より現実のドライバーの経路選択行動を表現しうる意思決定構造の提案を行う。

4. 動的な意思決定構造の提案

本章では、より動的な意思決定構造の提案を行う。ここでドライバーの経路選択行動を動的に扱うための基本的な考え方を以下にまとめる。

- ・経路選択に関する意思決定は出発前のみでなく、トリップ中においても行われる。
- ・選択肢集合として認知される経路集合は、トリップ中のドライバーの位置により異なる。
- ・ドライバーは、選択した経路から得られる効用が、想定していた効用よりもある程度低くなったときに、そこから利用可能な経路集合を新たに認知し直し、再び選択行動を行う。

これらの考え方により、現実の経路選択行動のフローを図 - 4 に示す。この際、経路認知モデル式 (1) に含まれる、経路が認知されるための閾値は、トリップ中のドライバーの位置により変化すると考えられ、認知される経路は、式 (6) のように考えることができる。

$$\bar{I}_{cong} = gD_d \quad (6)$$

D_d : 終点までの距離 / OD 間距離
 g : 未知パラメータ

また、トリップ中に再度経路選択を行うかどうかを選択するモデルとして、意思決定発生モデルを作成する。モデル式を式(7)~(9)のように表す。

$$Pr = \frac{1}{1 + \exp(\bar{I}_{decide} - I_{decide})} \quad (7)$$

$$\bar{I}_{decide} = q_t D_d + a \quad (8)$$

$$I_{decide} = b(\bar{T}_d - T_d) \quad (9)$$

\bar{I}_{decide} : 意思決定が発生するための閾値
 D_d : 終点までの距離 / OD 間距離
 \bar{T}_d : 前回経路選択時の想定到着時刻
 T_d : 現在の利用経路をこのまま利用したときの予想到着時刻
 b, q_t, a : 未知パラメータ

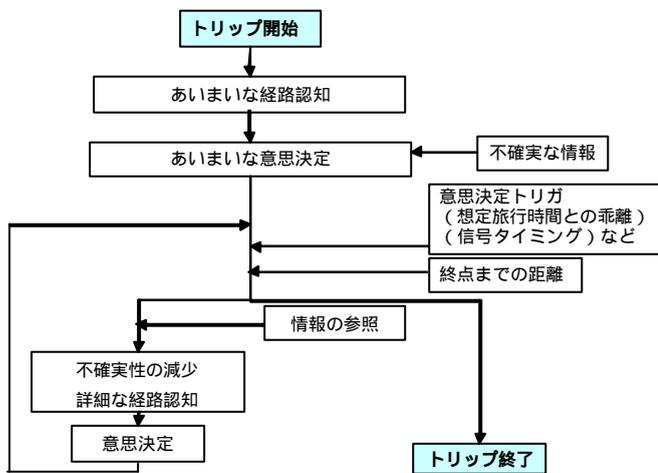


図 - 4 経路選択行動のフロー

しかしプローブカーデータからは、ドライバーが出発直前にいかなる経路集合を認知していたかについて、またトリップ中に何度意思決定を繰り返し、そのうち何度経路を変更したかについても知ることができない。最終的に選択された経路集合に最も適合するように、すべてのモデルパラメータを同時推定することは、その組み合わせが膨大となり現実的でない。

このため、提案するモデル構造を作成する前に、

ODペアをさまざまな距離に変化させ、その利用経路数、経路選択結果がOD間距離によってどのように変化するのかについて確認し、その傾向を分析する必要がある。また終点を同一とした場合に、起点からの走行距離が、意思決定の繰り返し行動や、認知、選択行動にどのような影響を与えるかについても分析する必要がある。

5. 今後の課題

本研究ではプローブカーデータを用いて、静的な経路選択モデルを作成した後、より現実のドライバーが行う経路選択行動を再現するための、選択行動をモデル化するための考え方を示した。今後の課題を以下に述べる。

- ・ プローブデータを用いる場合、DRMへのマッチング精度が非常に重要である。交差点付近でデータ得られない場合に、交差点を迂回するようにマッチングされ、現実的でないデータが含まれている。当研究室で開発したマッチング手法ではその精度が90%程度であることが報告されており、さらにその精度を向上する必要がある。
- ・ 本研究では、一つのODペアに着目して分析を行った。しかし、より動的な選択行動の分析を行うためには、OD間距離の異なる多くのODペアについて、その経路選択行動について分析する必要がある。

謝辞：本研究を進めるにあたって、貴重なデータを快く提供していただいた、インターネットITSプロジェクトグループの方々、また慶応大学植原先生をはじめインターネットITSアプリケーション開発ツール検討委員会の方々から貴重なご意見を頂きました、深く感謝いたします。

参考文献

- 1) 三輪富生, 森川高行, 岡田良之: プローブデータによるOD表の作成と経路選択行動の分析, 第1回ITSシンポジウム proceedings, pp.591-596, 2002
- 2) 境隆晃, 森川高行, 三輪富生: プローブカーデータを用いた経路特定手法と旅行時間推定に関する実証的研究, 第58土木学会年次学術講演会(投稿中)
- 3) 羽藤英二, 朝倉康夫: 限定合理性を考慮した経路選択モデルと均衡配分手法, 土木計画学研究・講演集 No.22 (2), pp.191-194, 1999.