

ファジィ交通行動モデルを用いた混雑料金政策の評価

Evaluation of Congestion Pricing Policy by Travel Behavior Model with Fuzzy Logic

小澤友記子*・秋山孝正**・奥嶋雅嗣***・高羽俊光****

By Yukiko OZAWA, Takamasa AKIYAMA, Masashi OKUSHIMA and Toshimitsu TAKABA

1. はじめに

都市交通政策の影響評価に際して、個人単位の交通現象解析が必要である。本研究では都市部の混雑料金政策導入に関する交通行動変化の分析を試みる。そこで、既存研究においてアクティビティアプローチの枠組みを用いて個人の1日の交通行動を記述する交通行動推計モデルが構築されている¹⁾。これより、人間の判断過程が明示的に表現され、1日の交通行動推計が可能となる。本研究では、この交通行動モデルを混雑料金等の交通政策に適用するため、交通政策導入時の利用者意思決定モデルを併せて作成する。これは、個人が交通政策に対してどのように意思決定を行うかを記述するモデルである。これにより、混雑料金導入時の直接的な行動変化と波及的な行動変化が推計できる。

2. 交通行動モデルの概要

(1) 交通政策評価への交通行動モデルの適用

混雑料金導入に対する道路利用者の交通行動変化への対応は、個人によって多様であると考えられる。また、混雑料金導入により通勤等の第1トリップが変化した場合、それに伴ってその後の交通行動も波及的に変化する。

混雑料金導入時の個人の交通行動を推計するために、既存研究において構築された交通行動モデルの適用を検討する。具体的には、交通行動モデルでは示されない個人の交通政策への対応を推計するため

キーワード：交通行動分析、混雑料金

* 学生員 岐阜大学工学部土木工学専攻

** 正会員 工博 岐阜大学工学部土木工学科

*** 正会員 工修 岐阜大学工学部土木工学科

(〒503-0837 岐阜市柳戸 1-1,

Tel:058-293-2446,Fax:058-230-1528)

**** 正会員 工修 中日本建設コンサルタント株式会社

(〒460-0003 名古屋市中区錦 1-8-6 ストックビル名古屋

Tel:052-232-6054 ,Fax:052-221-7828)

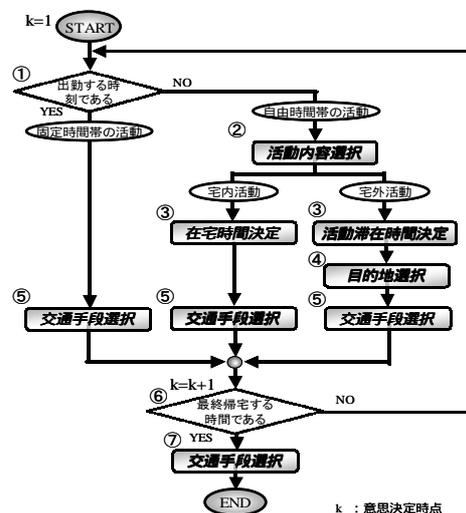


図1 個人の意思決定過程の構造

に、交通政策に対する意思決定モデルを作成する。ここで推計された行動変化を「交通行動モデル」の入力条件として与え、その後の1日の交通行動を推計する。これより混雑料金導入時の個人の交通行動が示されると考える。この章では、まず既存の交通行動モデルについて説明する。

(2) 意思決定過程の構造

個人の交通行動に関する意思決定過程を図1のようにモデル化する。個人は一日の交通行動を開始し、終了するまでの間に6種類の判断を行うと仮定する。具体的には「出勤・登校の決定」、「活動内容の選択」、「滞在時間の決定」、「目的地の選択」、「交通手段の選択」、「最終帰宅の決定」である。また「最終帰宅」の判断において、帰宅までに時間的余裕がある(帰宅しない)と判断すると、次の交通行動の意思決定を行う。帰宅するときは交通手段を選択する。

(3) 交通行動サブモデルの構築

個人の意思決定過程における6個の判断をそれぞれサブモデルとする。ここでは、既存研究によって作成されたモデルと、滞在時間決定モデルについて詳細に述べる。

(a) 既存研究におけるサブモデル

既存研究によって作成されたモデルを表1に示す。

では時刻を三角ファジィ数とおき、曖昧な時空間制約を表現することで、人間の時刻に対する曖昧な判断基準をモデルに取り込むことができる。では全体構成をファジィ推論で表し、推論の前件部、後件部にニューラルネットワーク(NN)を用いたハイブリッドモデルが作成されている²⁾。では、ファジィ測度(可能性指標)を用いて移動可能な選択肢集合を作成し、個人の選択可能性をファジィ推論で記述している。では、ロジットモデルとファジィ推論の長所を活かしたハイブリッドモデルを作成することで、交通行動の確率的現象面とトリップメーカーの知識や経験などのファジィ的現象の記述が併せて可能になるとまとめられている³⁾。

(b) 滞在時間決定モデルの作成

滞在時間における意思決定の相違は、活動内容に大きく影響される。活動内容別の滞在時間分布を分析すると、表2の詳細分類に示す7種類の活動に分けられる。しかしながら、「活動内容決定モデル」において推計される活動内容は、大分類で示される4種類であるため、このモデルではさらに詳細な活動内容を推計する必要がある。モデルの全体構成はファジィ推論で表され、前件部「活動内容詳細分類決定モデル」に簡略ファジィ推論、後件部「滞在時間決定モデル」にNNモデルを用いたニューラルネットワーク駆動型ファジィ推論となっている(図2)。

前件部では詳細な各活動内容の選択可能性が算出される。推計方法として、言語表現を用いた推論モデルにファジィ変数を導入し人間の曖昧性を記述する簡略ファジィ推論を用いる。これより、日常的に認識している活動内容選択行動における知識や経験が記述されたモデルが作成できる。推論ルールの一例を図3に示す。日常的自由活動推計には8ルール、非日常的自由活動推計には31ルール作成されている。

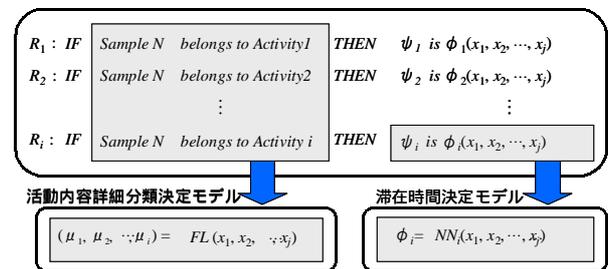
後件部ではそれぞれの活動を行った場合の滞在時間を算出する。滞在時間の決定には多数要因を同時に設定することが可能であり、高度な非線形関係が記述可能なニューラルネットワークモデル(NN)を用いる。これは、滞在時間の意思決定時には多数の要因が相互関係を持ち複合的に影響を及ぼしあっていると考えられるためである。説明変数は「年齢」「性

表1 交通行動サブモデル

モデル名	モデルの概要
①出勤・登校決定	ファジィ可能性測度を指標に用いた判別
②最終帰宅決定	
③活動内容選択	ニューロ化ファジィモデル
④目的地選択	1) 移動可能性の算出: ファジィ時空間制約を考慮 2) 選択可能性の算出: ファジィ推論 3) 選択: NNモデル
⑤交通手段選択	ロジットモデル, 簡略ファジィ推論

表2 活動内容の詳細分類

大分類	詳細分類
日常的自由	買物、食事、家事、医療など
	塾、おけいこごとなど
非日常的自由	娯楽、日常的でない買物など
	送迎、PTAの会合など
	観光、レクリエーションなど
業務	販売、配達、会議、農林漁業、その他の業務
在宅	在宅



x_j : 個人特性, 時空間特性, μ_j : 各活動内容の可能性, ψ_j : 各活動内容の滞在時間
 ϕ_j : 各活動内容の滞在時間決定モデル, FL: 簡略ファジィ推論, NN: ニューラルネットワーク

図2 滞在時間決定モデルの構造

IF $x_1 = \text{Office-W}$	THEN P_1 is V-LARGE
	P_2 is V-SMALL
IF $x_1 = \text{Office-W}$ and $x_2 = F$ and x_3 is Night and x_4 is young and x_5 is Medium	THEN P_2 is V-LARGE
IF $x_1 = \text{Student}$	THEN P_1 is MEDIUM
	P_2 is SMALL

x_1 : 職業 x_2 : 性別 x_3 : 現在時刻 x_4 : 年齢 x_5 : 次の固定活動開始までの時間
 P_1 : 「買物など」の可能性 P_2 : 「塾など」の可能性
 V-LARGE = 2.0, LARGE = 1.0, MEDIUM = 0.5, SMALL = 0.2, V-SMALL = 0

図3 推論ルールの一例

別「職種」「現在時刻」「出勤登校の有無」「つぎの固定活動開始までの時間」である。NNモデルは、入力層21、中間層11、出力層1の階層型である。また、「業務」、「在宅」の滞在時間決定のモデル構造は、後件部の滞在時間決定モデルのみとなる。

滞在時間決定モデルの現況再現性を示す平均誤差(滞在時間推計誤差/対象トリップ)を計算した。各活動における滞在時間の平均誤差は、15.3分(日常的自由活動)、37.5分(非日常的自由活動)、5.5分(業務活動)、10.0分(在宅活動)であった。ここでは、非日常的自由活動の平均誤差が他の活動と比較して高くなっている。とくに、後件部の滞在時間決定モデルの推計値が大きく異なっているため、後件部

モデルの推計精度の向上が今後の課題である。

(4) ファジィ交通行動モデルによる推計手順

前項までに構築された「ファジィ交通行動分析モデル」を用いて、実際の交通行動推計を行う。この推計手順は図4に示すとおりである。個人属性と固定活動要素の入力に従い、意思決定時点の情報(現在地、現在時刻、勤務開始時間など)と当該時点までの履歴(トリップ数、出勤交通手段など)が設定される。

各モデルの手順に従い交通行動が推計される。

「最終帰宅」の判断を行う。「最終帰宅しない」場合、次の意思決定時点における情報を再設定し、履歴を更新しへ戻る。「最終帰宅」の場合、推計を終了し一日の交通行動を記録する。従って「ファジィ交通行動分析モデル」においては9種類の入力変数(個人属性5種類、活動属性4種類)を用いて、交通行動(トリップパターン、交通手段など)が推計できる。

つぎに本モデルで実際の交通行動推計を行った。ここではモデル構築用の岐阜市在住者828サンプルを利用した。段階的推計結果を表3に統計的に整理する。全体の交通行動の集計として得られる生成交通量の推計結果は実績に比べて約12%大きい。また、全体的にマストラ利用が過少評価(58%)され、一方で自動車が過大評価(33%)されている。生成交通量が過大に推計される原因の一つとして、滞在時間の過小推計によって時間制約に余裕時間が生じ、余分なトリップを発生させていることが考えられる。

3. 交通行動変化モデルの概要

つぎに本研究では都市交通政策評価を、ファジィ交通行動分析モデルを用いて行う方法を検討する。ここでは都市圏の混雑料金政策を想定する。このとき交通行動モデルの入力変数を決定するため交通政策に対する「意思決定モデル」を作成する⁴⁾。

(1) 混雑料金導入時の意思決定モデル

ここでは、混雑料金導入時の利用者の意思決定に基づく交通行動変化を「経路変更」「出発時間変更」「交通手段変更」の3種類とした。個人の意思決定過程を図5に示すように段階的に設定した。つぎに利用者の「意思決定モデル」の構成について説明する。

影響判断プロセス：混雑料金の影響を受けるかどうかの判断を行う。ここで「混雑料金の影響を受け

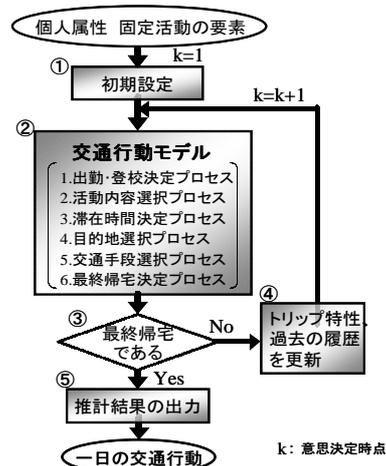


図4 段階的推計フロー

表3 推計結果

交通量	マストラ	自動車	徒歩・二輪など	生成交通量
推計	89	1548	905	2542
実績	211	1162	885	2258

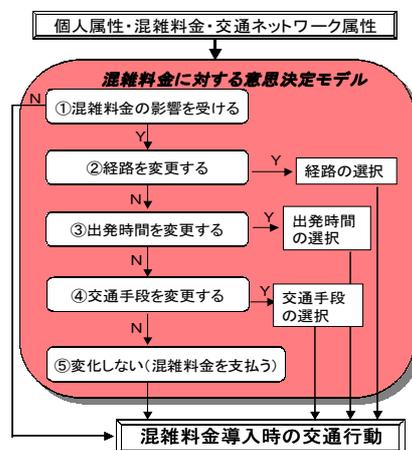


図5 行動変化の意思決定過程

る」とは、混雑料金政策導入に対する意思決定の必要性を示す。例えば、混雑料金賦課時間帯に行動しない者、自動車使用のない者は意思決定行動を伴わない。賦課時間帯に混雑料金エリア内を自動車で移動する人が混雑料金の影響を受けると考え、IF/THEN 推論(プロダクションシステム)で記述した。説明変数に活動エリア・時間帯・交通手段を用いた。

経路変更プロセス：ここでは経路選択に「ファジィ推論モデル」を用いた。モデルでは経路選択のため、各OD間に2経路を設定した。混雑料金エリアの通過経路(混雑料金を支払う)を「経路1」、その他の迂回経路を統合し「経路2」とした。また交通行動記述には「ファジィ時間価値」を利用した。これは、時間価値の個人属性による相違に着目し、ファジィ推論でファジィ時間価値を算出した。これより時間費用に対するあいまいな判断に基づく交通政策導入時の行動変化の記述できる。これにより人間の時間

や費用に対するあいまいな判断を明示し、時間価値を考慮することで交通政策導入時の行動変化の記述が可能となった。

出発時間変更プロセス：出発時間変更の意思決定モデルを説明する。この際、利用者の出発時間変更は、混雑料金徴収「時間前へ」、「終了後へ」、「変更なし」の3種類とする。ここでは経験的知識を基本とした「ルールベースモデル」を作成した。具体的には、「混雑料金徴収時間帯付近のトリップメーカーは、出発時刻を若干早くして混雑料金徴収を回避する」など、定性的な出発時刻変更に関する知識が蓄積されている。

交通機関選択プロセス：最後に、交通手段変更プロセスを説明する。ここでは自動車と公共交通機関を選択肢とし、ファジィ時間価値を導入した「ファジィ推論モデル」を用いた。

(2) 混雑料金導入時の交通行動推計

混雑料金政策が岐阜市中心部に導入された場合の交通行動分析を行う。まず混雑料金導入による個人の意思決定結果を「政策意思決定モデル」で推計する。この結果、例えば交通機関が自動車から公共交通機関へ変化することがわかる。「交通行動分析モデル」では、同例の場合、第1トリップを公共「交通機関利用」に設定して、その後の交通行動の推計を実行する。同様に、「政策意思決定モデル」より、出発時間、経路変更が提示された場合にも、「交通行動分析モデル」の第1トリップの設定を変更した。

ここで、568 サンプルが「政策意思決定モデル」から、混雑料金の影響ありと推計された。混雑料金を200円、500円、1000円とした場合について、各個人の交通行動を推計した。各交通機関別トリップ数を表4に示す。混雑料金額が増加すると、バス利用トリップが増加し、自動車利用トリップが減少する。徒歩・二輪には大きな影響がない。さらに、混雑料金導入時には、都市圏全体でトリップ数が減少している。つぎに、混雑料金導入時の個人の交通行動変化を図6に示す。本例では、第1トリップの交通手段がバスに変更され、一時帰宅時の交通手段がバスとなった。さらに帰宅後の自由活動で自動車利用がある。すなわち、この例では、トリップパターン全体の変化はないが、出勤交通と連鎖する交通活動には、顕著な混雑料金施策の影響が観測できる。

表4 交通量変化

混雑料金	バス	自動車	徒歩・二輪	合計
導入前	28	1461	8	1497
200円	166	1316	7	1489
500円	603	849	7	1459
1000円	668	775	7	1450

(トリップ数)

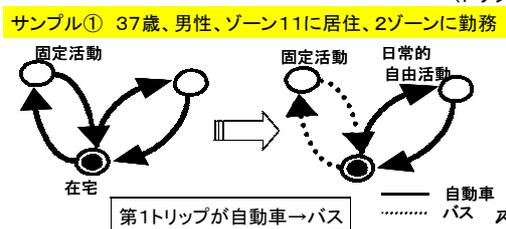


図6 交通行動の変化例

4. おわりに

本研究ではファジィ交通行動分析モデルと、交通政策時の利用者意思決定モデルを統合し、具体的な交通政策評価として「混雑料金政策」を検討した。この結果、都市圏での全般的な交通現象変化に加えて、個人単位での交通行動変化が明確となった。これらは、混雑料金導入に関する波及的効果を観測するために極めて有効であることがわかった。現段階における今後の課題として以下の諸点が挙げられる。

実測データが存在しないことから、混雑料金設定時の意思決定プロセスに関しては、実証的なモデル構築が難しい。したがって、今後SP調査などを前提としたモデル化方法を検討する必要がある。

最終的な交通政策評価の信頼性は、交通行動分析モデルの推計精度に大きく依存する。したがって、条件設定方法および推計手順の高度化が必要である。

本稿では、個人単位の交通行動変化についての類型化や、意思決定過程での変化プロセスの検討が十分ではない。今後交通政策の交通行動者への影響過程を詳細に記述する必要がある。

最後に本研究は、平成14年度科学研究費補助金基盤研究(C)(2)14550528の研究成果の一部であることを付記する。

【参考文献】

- 1) 秋山孝正：知的情報処理を利用した交通行動分析，土木学会論文集，No. 688， -53， pp.37-48， 2001
- 2) Takamasa Akiyama, Toshimitsu Takaba and Kaori Mizutani：Soft Computing Approaches in Activity Based Analysis, Proc. of The International Conference Modelling and Management in Transportation, Vol.1, pp.69-75, 1999.
- 3) 高羽俊光，秋山孝正：ソフトコンピューティングを利用した目的地・交通手段選択モデルの作成，土木計画学研究・論文集，No.17, pp.701-709, 2000
- 4) 小澤友記子，秋山孝正：混雑料金導入時における交通行動記述，第22回交通工学研究発表会論文報告集(投稿中)