

ファジィ交通行動モデルによる混雑料金政策の影響評価*

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

小澤友記子**・秋山孝正***・奥嶋政嗣****

By Yukiko OZAWA, Takamasa AKIYAMA and Masashi OKUSHIMA

1. はじめに

都市交通政策の影響評価に際して、集計的な交通需要分析に加えて、影響を微視的に捉える個人単位の交通現象解析が必要である。本研究では都市部へ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。これは、交通政策が個人の交通行動にどのような影響を与えるかといった観点から、分析を行うものである。

既存研究ではアクティビティアプローチに基づいて個人の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⁾⁴⁾。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。これまで、道路利用者の交通機関選択や経路選択現象をモデル化する方法として、ファジィ推論を利用したモデル化が提案されている⁵⁾⁶⁾。そこで本研究では、ファジィ推論を用いて、道路利用者が認知する所要時間や所要費用のあいまい性を考慮したモデルを作成する。

2. 混雑料金政策の評価方法について

混雑料金政策は、道路利用を制限する流入規制とは異なり、料金の支払いにより道路使用が可能となるため、道路利用者側に選択の余地が残されている。このため、個人によって多様な交通行動変化の相違が起こる。ここでは、これらの交通行動変化の評価手順と、本研究での混雑料金政策の設定について説明する。

(1) 推計方法の概要

まず本研究での交通行動推計の基本的な検討手順を

*キーワード：交通行動分析、混雑料金

** 正会員 工修 (株)交通システム研究所

*** 正会員 工博 岐阜大学工学部社会基盤工学科

**** 正会員 工修 岐阜大学工学部社会基盤工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 Tel:058-293-2446, Fax:058-230-1528)

述べる。都市交通政策は交通制度・運用方法の変更により、都市交通の改善を目指すものである。本研究では、昨今具体化が進んでいる混雑料金政策を取り挙げた。ここで一般に都市交通政策は、比較的長期の運用を意図した政策的交通変化である。したがって、交通政策導入前後では、通勤交通手段、通勤経路等の交通行動の基本的要素の長期的判断が行われる。一方で、各交通行動者は日常的な交通状態変化に対応した短期的な意思決定を繰り返している。

本研究では朝ピーク時における時間帯混雑料金課金を前提とする。課金対象トリップの交通行動変化が、波及的に課金対象トリップ後の交通行動へ与える影響を推計する。このため2種類の意思決定段階を「交通行動変化推計」、「(日単位の)「交通行動記述」としてモデル化する。この具体的推計過程を図-1に整理した。

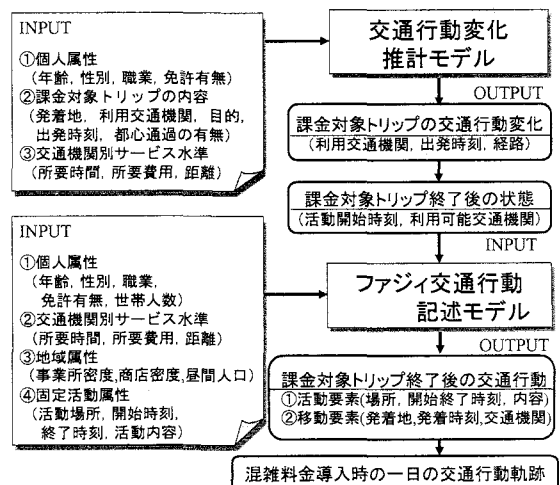


図-1 混雑料金導入時の交通行動の推計方法

ここでは2段階のモデルの入出力項目とそのフローを示している。このとき、基本となる交通行動データとして第3回中京都市圏PT調査データを用いる。なお、課金対象外サンプルの交通行動および課金対象時間帯以前の交通行動に変化はないものとして推計する。

【第1段階】 図-1における「課金対象トリップ」の変更は、上記の「交通行動変化」に対応する。すなわ

ち混雑料金課金による直接的な行動変化を、個人の意思決定結果として推計する。

【第2段階】 日常的な枠組みで、基本的な交通要件の変化が波及的に与える交通行動パターンを「交通行動記述」プロセスから導出するものである。

したがって、両段階モデルの推計結果から多様な交通行動パターンが生成される。もちろんPT調査データの限界等の問題から、生成交通パターンを網羅的に把握することは困難である。しかしながら、交通行動面での混雑料金の影響が確認可能な各種例の導出の可能性は高いものと思われる。

ここで課金対象時間帯において課金対象エリアに2度流入するサンプルについて2度とも課金する政策の検討には、モデルの構造的な問題のため推計できない。しかしながら、対象サンプルにおいては、課金時間帯に都心エリアに2度流入するサンプルは存在しておらず実用上は問題ないと考えられる。

交通行動記述モデルを政策変化によるLOS変数の変化を取り込んだ形で構築することにより、交通行動変化推計モデルを用いることなく交通行動記述モデルのみで交通行動軌跡の推計は可能である。とくに朝ピーク時だけでなく1日全体に混雑料金賦課を検討する場合などには、統合したモデルによる推計が必要となる。

しかしながら、混雑料金政策の影響評価のため、推計過程を2段階とする意味は以下の3点に要約される。

- ①混雑料金政策は、交通行動者に対して選択肢集合、意思決定順序などの再考を促進することを意図したものである。このため、混雑料金に対する交通行動者の反応は、日常的な交通行動における意思決定とは前提条件が相違すると考えられる。
- ②日常的な交通状況に対応する1日の交通行動を推計するための「交通行動記述モデル」は既存研究において提案されている^{5),6)}。このため個別課題に対応した推計モデルとの連動により「交通行動記述モデル」を有効利用できる。したがって、個別の政策課題に対応した実用的推計が可能となる。
- ③LOS変数の変化を取り込んだモデルでは、現況の交通行動データを利用したキャリブレーションができない。このため、高い推計精度での現況再現性が示されている「交通行動記述モデル」は、独立して機能する構造とすることで適用性が向上する。

(2) 対象地域の概要

本研究では、岐阜市を対象として混雑料金導入時の交通行動変化を分析する。対象地域を図-2に示す。

岐阜市のトリップにおける交通手段について自動車と公共交通機関(バス)の構成割合は、自動車が86.4%を占め、公共交通機関の利用率が非常に小さな値とな

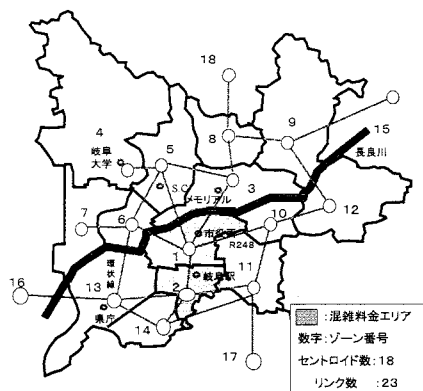


図-2 対象地域のゾーン区分と道路網

っている。これより、岐阜市が自動車中心の都市であることが言える。そのため、岐阜市における道路交通の混雑緩和を目的とした交通政策として、自動車利用を抑制する混雑料金政策が有効であると考えられる。

岐阜市の交通特性を考慮して、本研究における混雑料金政策を設定する。パーソントリップデータ(第3回中京都市圏PT)より作成した自動車トリップの出発時刻分布を見ると、7:00~9:00、16:00~19:00の間に自動車トリップのピークがみられる。特に朝のピーク時の値は非常に大きくなっている。

また、この時間帯における岐阜市中心部(ゾーン1・ゾーン2)への集中交通量は全体の自動車交通量の25.8%となり、大きな割合を占めている。そこで、このようなピーク時における道路交通混雑を緩和するために、7:00~9:00の時間帯に岐阜市中心部方向(ゾーン1・ゾーン2)に向かうトリップに対し、混雑料金を賦課する設定とした。すなわち、朝ピーク時の都心部への集中トリップのみを課金対象としている。

3. ファジ交通行動記述モデルの概要

ファジ交通行動記述モデルは、一日の交通行動を日常的活動に基づいて段階的に推定するものである。本研究では、課金対象トリップ終了後の状態を入力として、以降の交通行動の推計に適用される。

また、交通行動者は活動終了後に次の交通行動の意思決定を行う逐次推計型のモデル構造である。ここでは、固定活動の要素(活動内容、活動場所、活動開始時刻、活動滞在時間)は既知であるとした。固定活動とは、第1トリップ開始前の在宅活動および最終トリップ終了後の在宅活動、勤務活動であり、日々の生活の中ではあまり変化しないと考えられるためである。つまり、このモデルでは自由時間帯の交通行動が推計される。

(1) 意思決定過程の構造

個人の交通行動は、生活行動(アクティビティ)の

派生的な需要と捉えられる⁷⁾。そこで、本研究ではアクティビティアプローチに基づいて交通行動記述モデルを構築する。まず、時空間プリズム制約に着目した個人の行動解析が行われており、その重要性が示されている^{8),9)}。本研究でも、時空間制約を考慮したモデル構築を行うこととした。また、個人の一日の生活行動・交通行動を推計する逐次決定によるモデルと、スケジューリング過程を有するモデルの2タイプのモデルが提案されている。逐次決定によるモデルは、各活動の終了時点を意思決定時点として逐次的に生活行動の軌跡を生成する³⁾。スケジューリング過程を有するモデルでは、事前に決定されたスケジュールに対して、道路混雑などの時間遅れに対応し、時空間制約の観点からスケジュールの変更を行うものである⁴⁾。

本研究では、逐次的な意思決定過程を表現する、段階的推計プロセスを構築する。ここで交通行動に関する意思決定過程を図-3のようにモデル化する。個人は1日の交通行動を開始し、終了するまでの間に図-3の①～⑥の判断を行うと仮定する。また、それぞれの判断のモデル化については3(3)で詳細に説明する。「最終帰宅」の判断においては、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。帰宅時は交通手段を選択し、判断を終了する。

(2) 交通行動推計のための改良

交通行動推計を行うための、交通行動記述モデルの改良点について述べる。既存研究では各段階のモデルが作成され、それぞれの段階における意思決定を表現可能としている¹⁰⁾⁻¹³⁾。本研究では混雑料金政策の影響を分析するため、以下の2点について改良を行なった。
改良点1 統合的な計算プロセスの構築：各段階のモデルを結合させ、一日の交通行動を段階的に推計する手順を構築した。ここで、各段階のモデルの結合では、先行モデルの出力値が後続モデルの入力値となる。例えば②活動内容選択モデルでは、出力値は推計精度の点から大分類となっているのに対し、③滞在時間決定モデルでは入力値となる活動内容はより詳細な分類で表現する必要がある。表-1に活動内容の詳細分類と大分類の対応を示す。このとき、後続モデルの入力値に分類を整合させる必要があった。③滞在時間決定モデルについては、この整合性確保のため、大幅なモデル構造の見直しを行っている。

改良点2 推計可能な対象サンプルの拡大：既存研究で作成されているモデルは、オフィスワーカーの交通行動を対象とするものであった¹⁰⁾⁻¹³⁾。しかし、混雑料金政策は都市圏全てのトリップメーカーへの影響を及ぼすものである。ここで、全トリップメーカーの交通行動を記述可能とするため、各モデルの推論ルール、

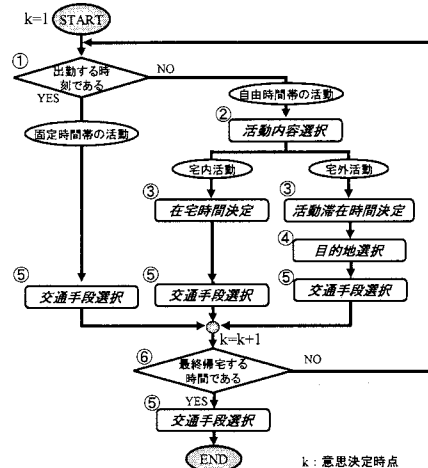


図-3 個人の意思決定過程の構造

表-1 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、おけいこことなど
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

設定等の改良を行った。これにより、混雑料金導入による都市圏全体の交通行動変化の波及が記述できる。

(3) 交通行動モデルの構築

個人の意思決定過程における6個の判断をそれぞれ各段階のモデルとする。

(a) 各段階のモデルの概要

各段階のモデル化手法を表-2に示す。それぞれの判断モデルの概要を以下に簡単に説明する。

表-2 交通行動モデル

モデル名	モデル手法
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活動内容選択	ニューロ化ファジィモデル
③滞在時間決定	ニューラルネットワーク駆動型ファジィ推論
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
⑥最終帰宅決定	ファジィ可能性測度を指標に用いた判別

①「勤務地到着予想時刻」が「勤務開始時刻」を超過する可能性値を算出し、この可能性値がある値を超えるか否かで出勤するか否かを判別するモデルである。ここでは時刻を三角ファジィ数で表現し、あいまいな時空間制約を表現することで、時刻の認知に対するあいまいな判断基準をモデルに取り込んでいる^{10), 11)}。

②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トモデルが作成されている¹²⁾。前件部ではトリップメーカーを活動内容の意思決定過程が異なるいくつかのグループに分類し、後件部で各グループの活動内容の意志決定過程をそれぞれ記述する。これにより多様な意思決定を1つのモデルで記述可能となっている。

③活動内容を考慮した滞在時間が推計される。このモデルについては、(b)で詳しく述べる。

④ファジィ測度(可能性指標)を用いて移動可能な目的地の選択肢集合を作成し、目的地の選択可能性をファジィ推論で算出する。ここで、目的地の選択肢集合が決定される。つぎに、選択肢集合の中からニューラルネットワークモデルを用いて目的地が決定される。

⑤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となっている¹³⁾。

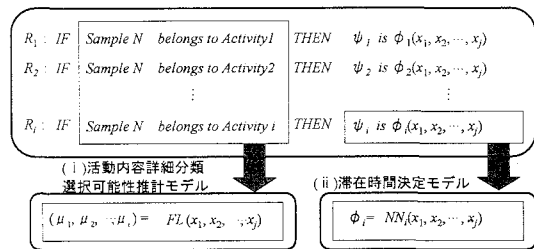
⑥出勤・登校決定プロセスと同様に、「自宅到着予想時刻」が「最終帰宅時刻」を超過する可能性値を算出し、この可能性値と閾値の比較により最終帰宅を判別する。

(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。日常的自由活動、非日常的自由活動、業務活動、在宅活動について、詳細な活動内容別の滞在時間分布を分析すると、日常的・非日常的自由活動の滞在時間分布の形状はそれぞれ異なっている。つまり、これらの活動はそれぞれ独立した滞在時間意思決定を持つと仮定できる。一方、業務活動の各詳細活動の分布形状は非常に酷似しており、同一の滞在時間意思決定を持つといえる。そこで本研究では、活動内容を表-2の詳細分類に示す7種類の活動に分類し、それぞれの活動別に滞在時間決定モデルを作成する。

ここで、「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、さらに詳細な活動内容推計が必要となる。しかしながら、詳細な活動内容の選択行動を記述するモデルは、モデル構築に利用可能なデータの制約から、推計精度が低下せざるを得ない。ここでは、詳細な活動内容を1種類に限定することなく、それぞれの活動内容の選択可能性にあいまい性を考慮して、滞在時間を決定する。

モデルの全体構成を図-4に示す。ここでは、活動内容(詳細分類)の選択可能性(帰属度)に応じて、滞在時間が決定される簡略ファジィ推論形式で表されている。具体的には、前件部「活動内容詳細分類選択可能性推計モデル」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してモデルを構成した。



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_i : 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-4 滞在時間決定モデルの構造

なお、データベースとして、岐阜市在住者 10,626 サンプル (27,800 トリップ) の PT 調査データから、完全トリップチェーンを持つ外出サンプル(10,398 サンプル)を抽出し、さらに「モデル構築用データ (828 サンプル/2,258 トリップ)」をランダムに分別した。

①活動内容詳細分類選択可能性推計モデル

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た簡略ファジィ推論を用いる。これより、活動内容選択行動における知識や経験に基づくモデル記述が可能となる。推論ルールの一例を図-5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ルール作成した。これらのルールは日常的に認識している活動内容選択行動における知識および経験から、分析者の仮定により作成した。

IF OCP is Office-W	THEN POS ₁ is very large
	POS ₂ is very small
IF OCP is Office-W and SOT is female and	THEN POS ₂ is very large
TIM is Night and AGE is young and TTF is Medium	
IF OCP is Student	THEN POS ₁ is medium
	POS ₂ is small

OCP:職業 SOT:性別 TIM:現在時刻 AGE:年齢 TTF:次の固定活動開始までの時間
 POS₁:「買い物など」の可能性 POS₂:「塾など」の可能性
 very large = 2.0, large = 1.0, medium = 0.5, small = 0.2, very small = 0

図-5 滞在時間決定モデルの推論ルールの一例

②活動内容詳細分類別滞在時間決定モデル

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すと考えられるためである。説明変数は「年齢」「性別」「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16、中間層9、出力層1の階層型である。滞在時間決定NNモデルの構造を図-6に示す。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(Σ滞在時間推計誤差/対象トリップ)を計算した。

なお、ここではモデル構築用データ 2,258 トリップにより現況再現性の確認を行う。各活動における滞在時間の平均誤差は、日常的自由活動：15.3 分 (/trip)、非日常的自由活動：37.5 分 (/trip)、業務活動：5.5 分 (/trip)、在宅活動：10.0 分 (/trip)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) ファジィ交通行動記述モデルの段階的推計手順
前項までに、すべてのトリップメーカーを対象とした各段階の意思決定モデルが構築された。ここでは、各段階のモデルを有機的に結合する。第2章で記述した個人の意思決定過程の構造(図-3)を表現する計算プロセスを構築した。この計算プロセスにしたがって、1日の交通行動推計を行う。推計手順を図-7に示す。

ここでは、全てのトリップメーカーについて順次、計算を行なう。個人の推計においては、それぞれの意思決定時点において、その時点での所在地、時刻、トリップの履歴などのトリップメーカーの状態変数を更新する必要がある。そのため、段階推計手順を構築するにあたり、状態更新プロセスを作成し、結合した。

また、交通行動モデルの各プロセスの結合にあたっては、先行プロセスの出力値の区分と後続プロセスの入力値の区分を整合させる必要がある。そのため、必要に応じて各プロセス間に、データ区分分類統合計算を組み込んだ。ここで、「ファジィ交通行動記述モデル」においては9種類の入力変数(個人属性5種類、固定活動属性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1日の交通行動結果)が推計できる。

(5) モデルの検証

本モデルを用いて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に整理する。

この表より以下の2点が観察される。

- ① 全体の交通行動の集計値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。
 - ② 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。
- 生成交通量が過大推計される要因について考察する。ここでは、業務トリップにおける自動車利用トリップが 191trip の過大推計となっている。このとき、過大推計の原因は、オフィスからの業務トリップにおける連鎖的な誤推計となっている可能性がある。

- ① 交通機関選択において自動車利用との誤推計による連鎖的なトリップ所要時間の過小推計

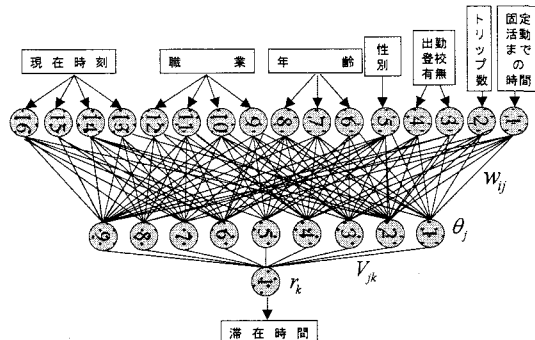


図-6 滞在時間決定モデル (NN モデル部分) の構造

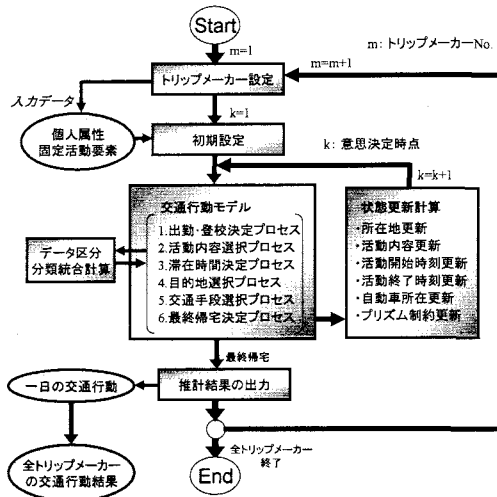


図-7 段階的推計フロー

表-3 推計結果

	マストラ		自動車		徒歩・自転車		合計
	推計値	実績値	推計値	実績値	推計値	実績値	
最終帰宅	121: 14%	91: 11.0%	531: 64.1%	414: 50.0%	285: 34.4%	323: 39.0%	828
出勤登校	32: 5.4%	81: 13.7%	311: 52.6%	283: 47.8%	248: 42.0%	228: 38.5%	591
在宅	6: 2.7%	6: 3.1%	133: 59.6%	96: 50.3%	84: 37.7%	89: 46.6%	223
日常的自由	36: 8.2%	18: 5.7%	188: 42.9%	128: 40.6%	214: 48.9%	169: 53.7%	438
非日常的自由	2: 2.2%	10: 6.6%	44: 47.3%	91: 59.9%	47: 50.5%	51: 33.6%	93
業務	1: 0.3%	5: 2.8%	94: 92.4%	150: 83.3%	27: 7.3%	26: 13.9%	369
合計	89: 3.5%	211: 9.3%	1,548: 60.9%	1,162: 51.5%	905: 35.6%	885: 39.2%	2,542

(samples)

- ② 目的地選択が近距離のゾーンに誤推計されることによる連鎖的なトリップ所要時間の過小推計
- ③ 活動内容決定の誤推計による連鎖的な滞在時間決定の過小推計

いずれにしても、誤推計は連鎖的に拡大する可能性があり、全体的なモデル出力の傾向を把握しておくことが重要となる。また、マストラ利用が過小推計される原因としては、交通手段選択モデルにおける「免許の有無」、「現在地と目的地が同一ゾーン」などのパラメータが大きいことが上げられる。これは、モデル構築に用いた対象サンプルの公共交通利用のシェアが低いことに起因する。このとき、対象サンプルはランダムにサンプリングしており、母集団となる PT データにおいても同様に公共交通利用のシェアは低い。また、

各段階のモデル推計の結果を受けて、交通手段が推計されるため誤差が累積する可能性が大きい。

以上の分析結果のまとめとして、混雑料金政策の影響の分析にあたっては、このようなバイアスを考えると、波及効果を絶対量として議論するのではなく、その増減傾向として捉えるのが妥当であるといえる。

4. 交通行動変化推計モデルの概要

本研究では混雑料金政策評価に関して、「ファジィ交通行動記述モデル」を用いて行う方法を検討する。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として、「交通行動変化推計モデル」を作成する¹⁴⁾。

(1) 混雑料金導入時の意思決定モデル

ここでは、混雑料金導入時の道路利用者の意思決定に基づく交通行動変化を「経路変更」「出発時刻変更」「交通手段変更」の3種類とした。個々のトリップメーカーの段階的な意思決定過程を図-8に示す。

判断過程の順序は、混雑料金の影響を直接的に受ける自動車利用者は、引き続き自動車を利用する方法を優先するとの仮定に基づいたものである。この段階に基づいて推計を行うことにより、混雑料金政策導入時の個人の課金対象トリップの変化を推計できる。

(2) 意思決定モデルの構築

交通行動変化の4段階の意思決定過程について、それぞれモデルを作成する。

(a) 影響判断プロセス

ここでは、混雑料金の影響を受けるか否かの判断を行う。「混雑料金の影響を受ける」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。影響判断プロセスでは、課金額とは無関係に判断が実行される。このモデルを用いて岐阜市在住者 10,626 サンプルについて推計する。今回の混雑料金の設定条件(7:00~9:00 のコードンプライシング)では、568 サンプルが混雑料金の影響を受ける結果となった。

(b) 経路変更プロセス

ここでは、経路変更の判断プロセスについて説明する。経路変更プロセスの構造を図-9に示す。経路変更プロセスでは、課金額に応じて混雑料金エリア通過経路の所要費用が変化することになる。

まず、モデル構築のための経路データの作成方法

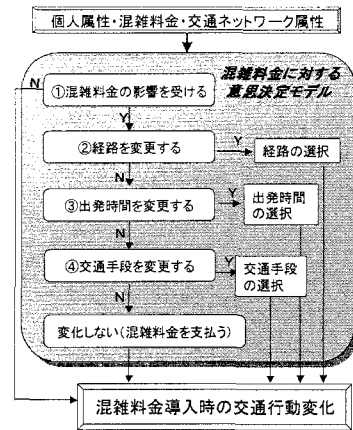


図-8 行動変化の意思決定過程

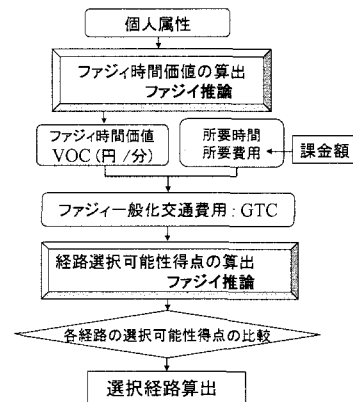


図-9 経路変更プロセスの構造

について述べる。ここでの「経路」とは、混雑料金が賦課される経路又は迂回経路を代表的経路で表すものである。混雑料金エリア通過経路（混雑料金を支払う）を「経路1」、その他の複数の迂回経路を統合し「経路2」と設定した。すなわち、賦課時間帯において課金エリアの通過有無を判別している。

つぎに、各 OD 間の代表経路を選定し、技術データ（道路ネットワークデータ、OD 交通量データおよび現況道路配分結果データ）により、それぞれの経路長、標準所要時間、交通量の代表値を算定した。このとき、PT データの個々のサンプルのトリップの所要時間をもとに、各トリップの利用経路を特定した。この際、各経路のサンプル全体の割合がそれぞれの経路の交通量の割合に一致するように調整した。

次に、このプロセスの対象となるトリップについて説明する。混雑料金導入時の経路変更の推計では、混雑料金によって、混雑料金賦課経路に留まるか、その他の経路に迂回するかを決定する。ここで、前段階の影響判断プロセスにより、経路2を利用するトリップは、すべて排除される。したがって、このプロセスでは、経路1のトリップのみが対象となる。

これより、モデル構築について述べる。経路選択には「ファジィ推論モデル」を用いた。推論方式には、一般的な「min-max-gravity 法」を用いる。また交通行動記述には「ファジィ時間価値」を利用した¹⁵⁾。

これは、時間価値の個人属性による相違に着目し、ファジィ推論を用いて時間価値をファジィ数で表すものである。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交通行動変化が記述できる。

まず、ファジィ推論を用いてファジィ時間価値を算出する。時間価値は個人属性、時間帯、その個人の状況、トリップ目的などで変化していると考えられる。

既存研究では、これらの個人属性や活動状況を考慮した時間価値について分析が行われている^{16)~18)}。本研究では説明変数に個人属性の「年齢」、「性別」、「職業」を用いる。「年齢」は、若年齢・中年齢・高年齢として、ファジィ数で表す。

時間価値の一般的な特徴を以下に示す。

- ・ 就業者は無職者よりも時間価値が高い。
- ・ 学生は時間価値が低い。
- ・ 若者は時間価値が低い。
- ・ 女性よりも男性の方が若干時間価値が高い。

そこで、このような経験的知識に基づいて、11 個の推論ルールを作成した（図-10）。推論ルールの例をいくつか説明する（図中の*部分）。

R-1	IF	SOT	is	male	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	medium	THEN	VOT	is	large
R-2	IF	SOT	is	male	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	small	THEN	VOT	is	medium
R-3	IF	SOT	is	male	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	large	THEN	VOT	is	large
R-4	IF	SOT	is	female	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	medium	THEN	VOT	is	large
R-5	IF	SOT	is	female	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	small	THEN	VOT	is	small
R-6	IF	SOT	is	female	and	OCF	is	worker	and	AGE	is	large	THEN	VOT	is	medium
R-7	IF	SOT	is	male	and	OCF	is	non-worker	and	AGE	is	large	THEN	VOT	is	medium
R-8	IF	SOT	is	female	and	OCF	is	non-worker	and	AGE	is	large	THEN	VOT	is	small
R-9	IF					OCF	is	non-worker	and	AGE	is	small	THEN	VOT	is	small
R-10	IF					OCF	is	non-worker	and	AGE	is	medium	THEN	VOT	is	medium
R-11	IF					OCF	is	student					THEN	VOT	is	small

SOT:性別 OCF:職業 AGE:年齢 VOT:ファジィ時間価値

図-10 時間価値算出のファジィ推論ルール

* 例えば、R-1 の「男性で就業者であり、中年齢のトリップメーカーの時間価値は高い」のように、就業者の時間価値を年齢別に定義している。

** R-11 では「学生は時間価値が低い」という知識が明示的に表現されている。このルールでは、変数に職業のみを用いることにより、性別・年齢に関係なく全ての学生について時間価値を一定に与えている。

つぎに、ここで得られたファジィ時間価値と所要費用・所要時間を用いてファジィ一般化交通費用を算出する。これを 2 段階目のファジィ推論モデルに与え、各経路の選択可能性得点を 1~100 の値で算出する。2 段階目のファジィ推論ルールを図-11 に表す。

2 経路の得点を比較し、大きい値の経路を選択経路とする。このモデルは、ファジィ時間価値の非ファジィ化を行わず、次の推論に説明変数として入力する、

R-1	IF	GTC	is	small	THEN	UTL	is	large
R-2	IF	GTC	is	medium	THEN	UTL	is	medium
R-3	IF	GTC	is	large	THEN	UTL	is	small

GTC:ファジィ一般化交通費用 UTL:選択可能性指標

図-11 経路選択のファジィ推論ルール

多段ファジィ推論である。時間価値は、内生変数としてパラメータ推定の際に算出されるものとする。具体的には、通常時間価値の値として用いられている 35 円～60 円を目安として、試行錯誤により時間価値のパラメータを決定した。これによって得られた時間価値のメンバーシップ関数を図-12 に示す。1558 個のデータを用いて経路選択モデルの検証を行ったところ、的中率は 95.3% (正判断トリップ数/全サンプル数) となった。

(c) 出発時刻変更プロセス

出発時刻変更の意思決定モデルを説明する。この際、出発時刻の変更は、混雑料金徴収「時刻以前」、「時刻後」、「変更なし」とした。出発時刻変更の判断は、IF/THEN 形式の推論を用いて記述する。

出発時刻変更に関しては実証データが得られない。そこで、これらのルールは経験的な知識に基づいて記述した。説明変数には、活動内容、出発予定時刻、トリップ所要時間、トリップ目的、固定活動の予定有無、時間価値および混雑料金の課金額、賦課開始時刻、賦課終了時刻を用いた。ここで、余暇時間損失と混雑料

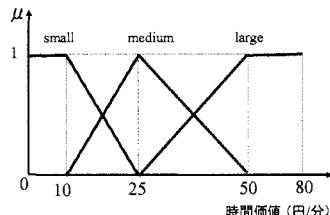


図-12 時間価値のメンバーシップ関数

金の差額 (DPS) は、出発予定時刻、トリップ所要時間、賦課開始時刻および課金額から、経路変更モデルで求められたファジィ時間価値を利用して算出される。

推論ルールを図-13 に示す。例えば R-1 では、「自由目的のトリップで、その後に固定活動（勤務活動など）予定がある場合、余暇時間損失より混雑料金が大きいならば、出発時刻を賦課開始時刻より前に変更する。」ことを表現している。

R-1	: IF	ACT	is	free	and	SFA	is	true	and	DPS	is	minus	THEN	DET	is	BST
R-2	: IF	ACT	is	free	and	SFA	is	true	and	DPS	is	plus	THEN	DET	is	STT
R-3	: IF	ACT	is	free	and	SFA	is	false					THEN	DET	is	AET
R-4	: IF	ACT	is	business									THEN	DET	is	STT
R-5	: IF	ACT	is	commuting	and	DPS	is	minus					THEN	DET	is	BST
R-6	: IF	ACT	is	commuting	and	DPS	is	plus					THEN	DET	is	STT

ACT:活動内容, SFA:固定活動の予定有無, DPS:余暇時間損失と混雑料金の差額
DET:出発時刻 (BST: 賦課開始前へ変更, STT: 変更なし, AET: 賦課終了後へ変更)

図-13 出発時刻変更のファジィ推論ルール

(d) 交通機関選択プロセス

最後に、交通機関選択プロセスを説明する。混雑料金賦課により、自動車利用の所要費用に課金額が付加されることになり、ファジィ一般化所要費用が変化する。

ここでは自動車と公共交通機関を選択肢とし、経路変更モデルで求められたファジィ時間価値を利用した「ファジィ推論モデル」を作成した。モデル構造と推計手順は経路変更モデルと同様である。2段階目のファジィ推論モデルでは、交通機関の選択可能性得点を算出し、利用交通機関を決定する。なお、本研究で用いたファジィ推論モデルでは、各ルールの判断の合成規則として、後件部のメンバシップ値の最大値を求める「MAX 演算」を使用している。

一般に推論を構成する知識獲得では専門的知識の整理を基本とする。本研究では、①交通機関分担に関する属性別・地域別の基礎的集計結果、②通常の統計的モデルの不整合結果、あるいは、③交通費用、所要時間等に関する一般的な定式化などを参考として、推論形式により知識を整理した。そこで、各交通機関のファジィ一般化交通費用、トリップメーカーの免許保有の有無、活動内容を説明変数とし、9 種類のファジィ推論ルールを作成した (図-14)。

R-1	IF GTC _C is small	THEN UTC is large	①
R-2	IF GTC _C is medium	THEN UTC is medium	
R-3	IF GTC _C is large	THEN UTC is small	
R-4	IF GTC _C is not-Large	THEN UTC is medium	
R-5	IF GTC _B is small	THEN UTP is large	②
R-6	IF GTC _B is medium	THEN UTP is medium	
R-7	IF GTC _B is large	THEN UTP is small	
R-8	IF CLO is zero	THEN UTC is very small	
R-9	IF ACT is zero	THEN UTC is very large	

GTC: ファジィ一般化交通費用 (C: 自動車, B: バス)
 CLO: 免許の有無 (zero: 無, one: 有)
 ACT: 活動内容 (zero: 業務活動, one: その他)
 UTC: 自動車の選択可能性得点 UTP: バスの選択可能性得点

図-14 交通機関選択のファジィ推論ルール

ここで、ファジィ一般化交通費用はファジィ数、その他の説明変数はクリスプ数で表される。推論ルールの主要部分を以下に述べる。

- ① R-1 から R-7 では、例えば「一般化交通費用が小さければ、交通機関の選択可能性得点は高い」というように、各交通機関属性と選択評価値との関係を示している。さらに、ファジィ時間価値を用いることで、個人の時間価値に対するあいまい性を考慮できている。
- ② 個人特性やトリップ特性と交通行動選択との直接的な関係を示すルールとなっている。
- ③ R-4 では、ファジィ推論の特徴として Large の補集合的な役割を担う not-Large を用いることで「自動車の一般化交通費用が大きくなければ、自動車の選択可能性得点は中ぐらいである」というルールが加えられている。これより、全体的に自動車の選択可能性得点が

高く推計されることとなり、自動車が選択されやすいモデルが形成されている。つまり、自動車の利用割合が非常に高い岐阜市に対応したモデルとなっている。岐阜市在住者で、交通手段が自動車とバスの 13,809 サンプルを用いて、モデルの検証を行った。的中率は 81.9% (11,317/13,809) であった。本研究では、最も基本的方法での推論構成を行った。またメンバシップ関数についても、試行錯誤により決定している。しかしながら、観測データとの適合性を基準として、実証的に推論ルールを決定するためには、GA を利用したクラシファイアシステムなどの方法が知られている。

(3) 混雑料金賦課に伴う交通行動変化の分析

図-8 の①影響判断プロセスで混雑料金の影響を受けると推計された 568 サンプルについて、混雑料金を導入した場合の、各交通行動の変化を推計する。算定手順としては (2) で作成された各意思決定モデルを、図-8 の意思決定過程の順序に従って段階的に用いて推計を行う。混雑料金を 100 円～1000 円まで変化させて導入した場合の、交通行動変化の割合を図-15 に示す。ここで得られた結果について、以下にまとめる。

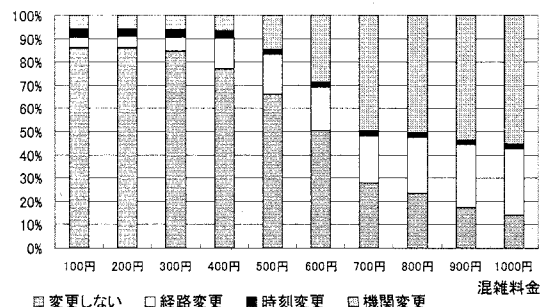


図-15 混雑料金徴収時の交通行動変化の割合

- ・混雑料金の徴収額が 300 円までの場合、交通行動はそれ程大きな変化が見られないが、徴収額が 400 円になったときから変化量が大きく増加している。
 - ・時間帯を変化させるサンプルは全体に比べて少数であり、そのすべてが出発時刻を混雑料金の時間帯の前に変更させていた。この場合、ほとんどのトリップメーカーは通勤を行っているため、勤務開始時刻による時間制約があり、出発時刻を変更させにくいためであると考えられる。
 - ・混雑料金が 500 円の場合、191 サンプルが交通行動を変化させている。これを岐阜市全体に換算すると、人口の約 1.8% に影響を与える結果になった。
- ここでの交通行動は、仮想的な交通政策導入時の推計値である。したがって現実的变化の観測は不可能である。ただし、参考となるいくつかの例が報告されている。ここでは、ロンドンと東京都の報告について示す。

ロンドンでは、2003年2月17日からロードプライシングが導入され、その6ヶ月間の実施結果がロンドン交通省から報告されている¹⁹⁾。ここでの混雑料金は、平日の午前7時から午後6時30分までの間にロンドン中心部に入る自動車に5ポンドが課せられる設定となっている。このとき自動車の交通量は、約30%減少している。また各行動変化のうち、50～60%が公共交通機関への転換、20～30%が経路等の変更となっている。

東京都では、平成12年度にロードプライシングによる「交通行動の転換に関するアンケート調査」が実施された^{20) 21)}。コードン課金で、課金額が500円の場合、約50%の自動車利用者が、何らかの交通行動を転換する意向を示しており、そのうち約35%が自動車利用を中止するとしている。

これらは、都市圏規模や混雑料金設定方法の相違などもあり、単純には比較できないが、交通行動の変化は全体で40～50%程度であると推測できる。さらに、両方の報告において、行動変化の割合は交通機関変更が最も大きくなる傾向が見られた。

本モデルにおいては、500～1000円の間で約35～85%のサンプルについて交通行動の変化が観測され、交通機関変更がもっとも多く割合を占めていることから、ある程度妥当な結果が得られている。

5. 混雑料金導入時の交通行動推計

これまでに作成された2種類のモデルを用いて、時間帯混雑料金政策が岐阜市中心部に導入された場合の、個人の一日の交通行動を推計する。

(1) 推計手順

- ① 混雑料金導入による個人の意思決定結果を「交通行動変化推計モデル」で推計する。
- ② ①で、交通機関が自動車から公共交通機関へ変化した場合、課金対象トリップを「公共交通機関利用」に設定し、課金対象トリップの所要時間等より課金対象トリップ終了後の活動開始時刻および利用可能な交通機関の選択肢を更新して設定する。
- ③ 同様に、出発時刻変更の場合、「交通行動変化推計モデル」で得られた出発時刻を課金対象トリップの出発時刻およびトリップ所要時間より、課金対象トリップ終了後の活動開始時刻を更新して設定する。
- ④ 経路変更の場合についても、経路変更によるトリップ所要時間の変化より、課金対象トリップ終了後の活動開始時刻を更新して設定する。
- ⑤ 「ファジィ交通行動記述モデル」では、課金対象トリップ終了後の活動開始時刻などの設定から、それ以降のトリップの交通行動の推計を実行する。

つまり、ファジィ交通行動記述モデルにおいては、課金対象トリップの推計は行わず、課金対象トリップの内容は既定値であるとする。

(2) 混雑料金政策の影響

混雑料金政策が個々の交通行動に及ぼす影響を推計する。本来、交通政策によって、交通行動は多様なパターンに変化する。ここでは、推計モデルから得られる交通行動変化パターンが、現実的に理解可能な変化であるかを検討する。

まず、「交通行動変化推計モデル」から、568サンプルが混雑料金の影響ありと推計された。混雑料金を200円、500円、800円と設定して、各個人の交通行動を推計した。ここで、混雑料金導入前の数値は、ファジィ交通行動記述モデルによって、現況の交通行動を記述した推計値である。推計結果の例として混雑料金導入の影響ありと推計された568サンプルの1日の交通行動における各交通機関別交通量変化を表-4に示す。

表-4 混雑料金の影響を受けるサンプルの交通量変化

	バス	自動車	徒歩・二輪	生成交通量
導入前	22	1,473	9	1,504
200円	99	1,389	8	1,496
500円	187	1,295	8	1,490
800円	576	895	8	1,479

(トリップ数 / 568サンプル)

ここでの特徴的な交通行動変化を以下にまとめる。

- ・ 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。
- ・ 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。このことから、1日全体でのトリップパターンが変化しているトリップメーカーの存在が確認できる。

そこで、混雑料金賦課前と賦課後のトリップパターン分布の比較を表-5に示す。1日全体でトリップパターンが変化したサンプル数は18サンプル(約3.2%)であった。全体的には、トリップ数が減少するような

表-5 トリップパターンの変化

	同一ゾーン	混雑料金800円賦課 7:00～9:00						合計
		ビストン型	トライアングル型	W-ビストン型	サークル型	2-サイクル型	その他	
混雑料金賦課前	32	0	1	0	0	0	0	33
混雑料金賦課後	0	427	2	0	0	0	0	429
	0	0	20	0	1	0	0	21
	0	0	1	35	1	0	0	37
	0	0	1	0	7	1	0	9
	0	0	1	3	0	19	0	23
	0	0	0	4	1	1	10	16
合計	32	427	26	42	10	21	10	568
	5.6%	75.2%	4.6%	7.4%	1.8%	3.7%	1.8%	100.0%

*文中で説明

トリップパターンへの変更が多いことがわかる。

つぎに、混雑料金導入により、トリップパターンが変化したサンプル、パターンの変化はないが交通機関等の交通行動が変化しているサンプルについて、いくつか例を挙げ(表中*印)、その変化要因を考察する。このときの混雑料金の設定額は800円とした。

サンプル①：トリップパターン自体は変化していないが、トリップパターンを構成する交通手段に変化が現れている(図-17)。

課金対象である通勤トリップの変化(交通行動変化モデルによる推計結果)による帰宅トリップの交通機関への変化(ファジィ交通行動記述モデルによる推計結果)への連鎖が明確に現れている。オフィスワーカーのピストン型トリップの場合、通勤モードでバスが選択されると、帰宅トリップでもバスが選択されることは、物理的な制約から当然の帰結と理解できる。

この現象は、トライアングル型のトリップパターンでも多く観測可能であると類推できる。今回の推計では、このパターンの行動変化を行ったサンプル数が最も多く、課金対象トリップで交通機関変化が推計された280サンプルのうち、232サンプル(82.8%)であった。このとき、全体のサンプルに対する構成割合は40.8%(=232/568)である。

サンプル②：通勤トリップに連鎖する帰宅トリップの交通行動には顕著な混雑料金施策の影響が観測できるが、一時帰宅後の交通行動には影響が及ばない(図-17)。自動車依存型のトリップメーカーは、自由トリップの交通行動を変更させないと類推できる。このようなトリップパターン変化は、もともとW-ピストン型のトリップを行っていた37サンプルのうち17サンプルであり、すべてのトリップメーカーが一時帰宅によってマストラから自動車への乗換えを行っていた。全体のサンプルに対する構成割合は3.0%(=17/568)である。

サンプル③：課金対象トリップ(第1トリップ)の利用交通機関が自動車利用からバス利用へ変化(交通行動変化モデルによる推計結果)している(図-18)。

この変化にともなって、第2トリップおよび第3トリップの利用可能な交通機関がバス利用のみに変更されている。このため、帰宅トリップ(第3トリップ)のトリップ所要時間が増加し、帰宅時刻が遅くなっている。これにより第3トリップが最終帰宅であると推計され第4トリップ以降のトリップを行っていない。

このように、トリップパターンが変化し、トリップ数が減少する行動変化は、19サンプル(3.4%)と推計された。これは、自動車での行動パターンとバスでの行動

サンプル① 36歳、男性、ゾーン10に居住、ゾーン2に勤務

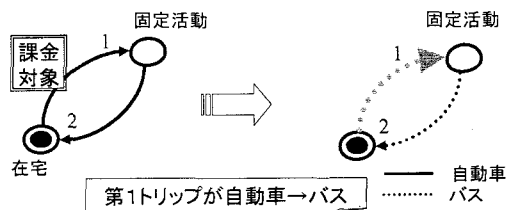


図-16 交通機関変更後の交通行動変化例①

サンプル② 40歳、男性、ゾーン6に居住、ゾーン1に勤務

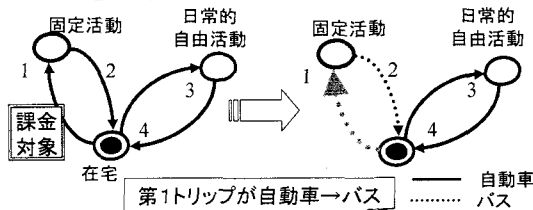


図-17 交通機関変更後の交通行動変化例②

サンプル③ 19歳、女性、ゾーン8に居住、ゾーン12に勤務

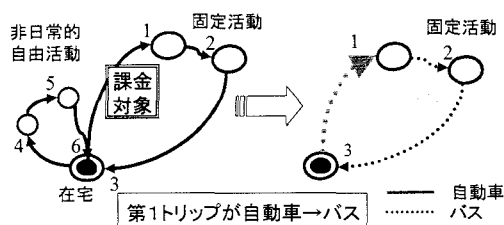


図-18 交通機関変更後の交通行動変化例③

パターンの違いが顕著に現れている例であると言える。交通機関がバスの場合には、付加活動トリップが生成されにくいことを示している。これは、公共交通の随意性の欠如を表している。これらのサンプルの特徴として、混雑料金導入前のトリップ数が4トリップ以上の、もともとトリップ数が多いサンプルであった。

サンプル④：課金対象トリップである自由トリップの出発時刻が混雑料金賦課時間帯前に変化(交通行動変化モデルによる推計結果)している。これは固定活動の予定があるため、自由トリップであっても出発時刻を賦課終了にともなって、固定活動の前に非日常的的自由活動が勤務地ゾーン内で行われている(図-19)。

つまり、出発時刻が混雑料金賦課時間帯前へシフトすることから、固定活動開始時刻までに余暇時間が発生し、付加活動が発生することが理解できる。この変化は、比較的多くの活動を行う可能性のある、女性や

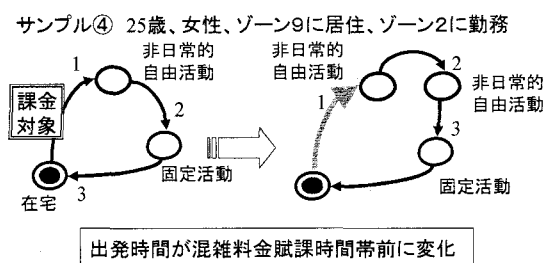


図-19 出発時刻変更後の交通行動変化例

若者に観測できるパターンであると考えられる。

このようにトリップ数が増加しているサンプル数は5サンプルと非常に少数であった。また、これらのサンプルのうち3サンプルが出発時刻の変更によるパターン変更となっている。

以上の結果から、混雑料金が個人の交通行動に与える影響を、部分的ではあるが抽出が可能となった。

また、それぞれのトリップの変化について理解可能な因果関係が示せた。さらに今回は経路変更によるトリップパターンの変化は観測されなかった。これは、経路変更の場合、所要時間が若干変化する場合のみであり、引き続き自動車を使用するため、次のトリップへ与える影響が少ないためであると言える。

さらに、混雑料金政策の導入による目的地変更が行われることによるトリップパターンの変更等も推測できるが、本モデルではこのような変化の推計には対応できていない。今後、モデル構成の改良を行うことにより、様々な設定の基でシナリオ分析を行い、多様な交通行動の変化を観測し、交通行動変化のパターンを示していく必要がある。

6. おわりに

本研究ではファジィ交通行動記述モデルと、交通政策時の交通行動変化推計モデルを統合し、具体的な交通政策評価として「混雑料金政策」を検討した。本研究の成果は以下のとおりである。

- ①混雑料金導入に対する「交通行動変化推計モデル」を作成し、混雑料金を設定して交通行動者の行動変化を課金対象トリップの変更として表現した。これにより、混雑料金別の交通行動変化過程が示せた。今回の設定では、料金額が400円以上の部分でとくに機関選択、経路選択の顕著な増加が見られた。
- ②ファジィ交通行動記述モデルと、交通行動変化推計モデルを統合することで、混雑料金政策導入時の個人の交通行動推計方法を示した。交通行動変化の分析から、さまざまな行動変化の特徴が挙げられた。

③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。

- ① 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。
- ② 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。特に混雑料金政策による主な交通行動変化に挙げられる目的地変更が考慮できていない。今後、このような判断モデルの追加と推計精度を向上させると共に、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。
- ④ 本モデルは「交通行動変化推計」と「交通行動記述」の2つの段階に分かれているため、これらの推計を同時に行うことが出来ない。そのため、推計できる範囲や条件設定が限られている。したがって、推計モデルの改良を行い、条件設定方法および推計手順の高度化が必要である。

【謝辞】 本研究は、平成15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します。また、本稿は多年度にわたって、土木計画学研究・論文集の査読者の方々に多くの貴重な意見を賜りました。これらは本稿の課題整理に大いに参考となりました。ここに記し併せて感謝の意を表します。

【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，IV-53，pp.37-48，2001
- 2) Takamasa Akiyama, Masashi Okushima, Yukiko Ozawa : Impact Analysis of Road Pricing by Travel Behaviour Model with Fuzzy Logic, Paper presented at International Symposium on Theory, Practice of Congestion Charging, pp. 1-16, 2003.
- 3) 藤井聡，大塚祐一郎，北村隆一，門間俊幸：時空間制約を考慮した生活行動軌跡を再現するための行動シミュレーションの構築，土木計画学研究・論文集，No.14，pp.643-652，1997.
- 4) 森川高行，佐々木邦明，東力也：観光系道路網整備のための休日周遊行動モデル分析，土木計画学研究・論文集，No.12，pp.539-547，1995
- 5) 秋山孝正，安藤彰記：多段ファジィ推論を用いた経路選択モデルの作成，第11回ファジィシステムシンポジウム講演論文集，pp. 551-554，1995
- 6) 水谷香織，秋山孝正：ファジィ推論とロジックモデルによ

- るハイブリッドモデルの検討、土木計画学研究・論文集、Vol. 18, No. 3, pp. 509-517, 2001.
- 7) 北村隆一：交通需要予測の課題—次世代手法の構築に向けて、土木学会論文集, No.530/IV-30, pp.17-30, 1996.
- 8) 近藤勝直：トリップチェーン形成過程のプリズム効果モデル、土木学会論文集, No.377/IV-6, pp.71-78, 1987.
- 9) 西井和夫, 近藤勝直：鉄道利用通勤者の時空間プリズムに着目した交通パターン分析, 土木計画学研究・論文集, No.7, pp.139-146, 1989
- 10) 秋山孝正, 高羽俊光：ファジィ・ロジックモデルを用いた交通行動記述, 第 15 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.147-148, 1999.
- 11) 高羽俊光, 秋山孝正：ファジィ時空間制約を考慮した交通行動分析, 第 6 回ファジィ建築土木応用シンポジウム講演論文集, pp.23-31, 1999.
- 12) 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.
- 13) 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
- 14) 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, 22, pp.217-220, 2002
- 15) 小澤友記子, 秋山孝正：ファジィ時間価値を考慮した交通機関選択モデルの構築, 第 18 回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.579-580, 2002
- 16) 森川高行, 姜美蘭, 祖父江誠二, 倉内慎也：旅行時間と個人属性の関数として表された交通時間価値に関する実証的研究, 土木計画学研究・論文集 19(3), pp.513-520, 2002
- 17) 河野達仁, 森杉壽芳：時間価値に関する理論的考察—私的交通のケース—, 土木学会論文集, No.639/IV-46, pp.53-64, 2000
- 18) 福田大輔, 吉野広郷, 屋井鉄雄, イルマ プラセティヨ：休日のアクティビティに着目した活動時間価値の推定方法に関する研究, 土木学会論文集, No.737/IV-60, pp.211-221, 2003
- 19) Transport for London Website : <http://www.tfl.gov.uk/tfl/>
- 20) 東京都環境局公式ウェブサイト : <http://www.kankyo.metro.tokyo.jp/index.htm>
- 21) 太田勝敏：東京におけるロードプライシングとその論点, 高速道路と自動車, 第 44 巻, 第 4 号, 2001

ファジィ交通行動モデルによる混雑料金政策の影響評価*

小澤友記子**・秋山孝正***・奥嶋政嗣****

混雑料金政策は、都市内における交通需要政策の有効な手段として用いられている。本研究では混雑料金導入時の交通行動変化を分析する。具体的には、交通行動変化推計モデルと交通行動記述モデルを用いる。交通行動変化推計モデルでは、混雑料金導入時の課金対象トリップにおける交通行動変化を推計する。ここではファジィ推論を用いて、人間の交通行動へのあいまい性を考慮している。次にその後に行われる 1 日の交通行動を推計するため、交通行動記述モデルを用いる。これらの検討から、混雑料金導入時の 1 日の交通行動パターンが推計され、混雑料金政策の個人行動への影響が分析できる。

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

By Yukiko OZAWA**, Takamasa AKIYAMA*** and Masashi OKUSHIMA****

The congestion pricing has been introduced as an effective scheme of transport demand management in urban area. The impact on individual trip makers should be analysed in the study. The two stages of travel pattern are assumed: Firstly the reaction of trip maker to the congestion pricing is estimated. The fuzzy reasoning based model estimates the change of the first trip as an option of trip makers. Secondly, the travel pattern is derived with the travel behaviour model with fuzzy logic. The essential changes of travel patterns are summarized with example cases after two stages estimation of fuzzy travel behaviour model is established.
