

ソフトコンピューティングを利用した交通行動記述サブモデル Travel Behaviour Model for Soft-Computing

高羽俊光* 秋山孝正**

By Toshimitsu TAKABA and Takamasa AKIYAMA

1. はじめに

本研究では、アクティビティアプローチの枠組みで個人の1日の交通行動を記述する交通行動モデルを構築する。ここでは、まず個人が交通行動を決定する際の意思決定過程をモデル化する。そして、意思決定過程のいくつかの判断をサブモデルで表し、そのモデル化にはソフトコンピューティングを利用する。ソフトコンピューティングとは、人間の複雑な意思決定構造を記述するのに有効な手法であり、経路選択および交通手段選択においてその適用性が確認されている^{1),2)}

本研究は交通行動モデルにソフトコンピューティングを導入することで、人間の行動原理を考慮したモデルの作成を目指すものである。このようなモデルが作成されると、都市の交通政策に対する的確な需要予測、およびその政策の評価が可能になると考えられる。

2. 交通行動モデルの概要

(1) 交通行動モデルの前提

本モデルは、個人の第1トリップから最終トリップまでの1日の交通行動をその背後に行う活動をもとに予測するものである。

個人の活動は1日の中で必ず実行しなければならない固定活動と、それ以外の自由活動に分類する。固定活動には、1日の日常活動の前後にある在宅活動、勤務活動が含まれる。このとき、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。また、本モデルは自由時間帯の交通

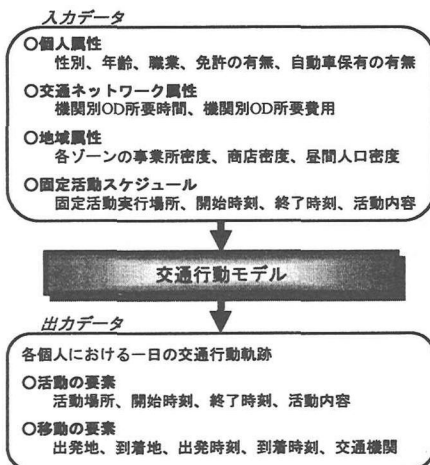


図1 入出力データの関係図

行動を予測するモデルであるため、固定活動時間帯の交通行動は対象外とした。

(2) 使用データの整理

モデル構築用データには、需要予測における実務の面でも使用されているPTデータ(第3回中京都市圏PT)を使用する。本モデルは、岐阜市都心部の交通渋滞緩和と政策実施時における交通行動予測を目標としている。そのため、対象者はその影響を最も受けると考えられる岐阜市在住のオフィスワーカー(983サンプル)とする。

活動内容は「日常的自由」、「非日常的自由」、「業務」、「在宅」に4分類した。これは、活動内容を4種類に集約することが交通行動の決定にそれほど影響を与えないと考えたためである。交通手段は「マストラ」、「自動車」、「徒歩・二輪」に分類した。また、現在地および目的地をゾーンで表現するため、PT調査および国勢調査のゾーン区分を参考にして岐阜市を12ゾーン、岐阜市外を5ゾーンに分割した。本モデルの入出力データの関係を図1に示す。

キーワード : 交通行動分析、アクティビティアプローチ、ソフトコンピューティング

* 学生員 岐阜大学大学院工学研究科土木工学専攻

** 正会員 工博 岐阜大学工学部土木工学科

(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1 TEL 058-293-2443, FAX 058-230-1528)

(3) 意思決定過程の構造

個人が交通行動を決定するときの意思決定過程を図2のようにモデル化する。ここでは、個人はまず活動内容を選択し、活動滞在時間、目的地、交通手段の順に選択していくというモデル構造になっている。以下にこのフローチャートで表される個人の意思決定を説明する。

はじめに、個人は現在時刻が出勤時刻（固定活動開始時刻）であるか否かを判断する。

つぎに、出勤するまで時間的に余裕があるとき、あるいは出勤をしないとき活動内容を選択する。すなわち次の固定活動をはじめるまでに行う自由活動の内容を決定するものである。

以上のことが決定されると、滞在時間、目的地、交通手段の順に意思決定を行う。

最後に次の意思決定時刻が最終帰宅を開始する時刻か否かを判断する。ここで帰宅するまで時間的に余裕があると判断されると、次の意思決定に移る。

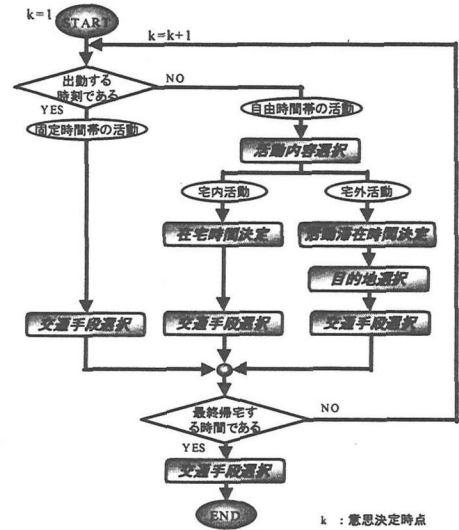


図2 個人の意思決定過程の構造

3. 交通行動サブモデルの作成

個人の意思決定過程における7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、目的地選択モデルおよび交通手段選択モデルについて詳細に述べる。

(1) 既存研究におけるサブモデル

既存研究³⁾によって作成されたモデルには、①「出勤時刻決定モデル」、②「活動内容決定モデル」、③「最終帰宅時刻決定モデル」がある。①、③は固定活動を開始する時刻を決定するモデルである。ここでは曖昧な時空間制約を考慮することで、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た。また、活動内容選択モデルではロジットモデルとファジィ推論の融合モデルを作成した。ここでは、ファジィ推論を用いて同じ意思決定構造を持つサンプルをグループに分類することで、ロジットモデルの推計結果が向上した。

(2) 目的地選択モデル

(a) 目的地選択モデルの概要

本モデルは、交通行動の目的地を岐阜市12ゾー

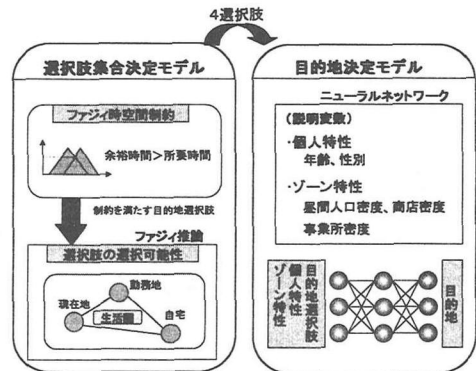


図3 目的地選択モデルの概念図

ン、岐阜市外5ゾーンの中から選択する。目的地選択モデルの概念図を図3に示す。

サブモデルの具体的な構成は、「選択肢集合決定モデル」と「目的地決定モデル」の2段階構造になっている。これは、①行動目的の遂行可能な場所選定と②移動場所の決定では、異なる意思決定過程を持つと考えたためである。具体的には、まずプリズム制約を満足しない選択肢を除外する。つぎに、選択肢の「選択可能性」を算出して、4選択肢を選定する。ここで設定された選択肢集合から個人が選択する目的地を決定する。

(b) 選択肢集合決定モデルの作成

トリップメーカーの時空間制約を満たす選択肢

集合の決定を行うモデルを作成する。トリップメーカーの目的地の選定には、時空間的制約（いわゆるプリズム制約）が重要な要件となる。この時、個人が認識する時空間制約は、確定値ではなく一定の範囲を持つ値（たとえば「～時間程度」）であると考えられる。本モデルでは、これをファジィ数で表現することを考える。ある目的地について時空間制約に関する判断は以下のようなものである。

$$TM = TB - PT \quad \dots\dots (1)$$

TM: 余裕時間 PT: 現在時刻

TB: 次の固定活動開始時刻

これは、現在時刻から次の固定活動開始時刻までの自由時間の長さを表す。

$$TF_i = T_{ODi1} + TD + T_{ODi2} \quad \dots\dots (2)$$

T_{ODi1} : 現在地から目的地 i までの基準所要時間

T_{ODi2} : 目的地 i から次の固定活動場所までの基準所要時間

TD: 活動滞在時間

TF_i : 目的地 i を選ぶことによって必要とされる所要時間（増加所要時間）

これは現在地から出発して目的地 i で活動を行い、次の固定活動場所に到着するまでの時間を表す。基準所要時間とは、ゾーン間を最早の所要時間で移動する交通手段の所要時間である。

$$TM \geq TF_i \quad \dots\dots (3)$$

この条件を満たす目的地 i への移動は、最早の交通手段を利用すれば可能である。つまり、目的地 i は時空間制約を満足しているといえる。

そこで、余裕時間 (TM) が増加所要時間 (TF_i) より大きいかどうかの判断に式(4)に示すファジィ測度の指標を用いる。ファジィ測度とは、物の長さや大きさを測る条件を緩めて曖昧にしたものである。

$$Pos(TM \geq TF_i) = \sup_{u \geq v} \min(\mu_{TM}(u), \mu_{TF}(v)) \quad \dots\dots (4)$$

μ_{TM} : TM のメンバシップ関数, μ_{TF} : TF のメンバシップ関数

これは、 TM が TF_i より大きい可能性を表す指標であり、 TM のメンバシップ関数の右側の関数と、 TF_i のメンバシップ関数の左側の関数の交点の値で表される。この指標値が基準値 k を上回るとき、余裕時間が大きく、個人はその目的地を選択肢集合に加えるものと考えた。基準値は試行錯誤的に計算した結果 $k = 0.2$ とした。このときの的中率（=正判断トリップ数/全サンプル数）は 94.27%であった。ここ

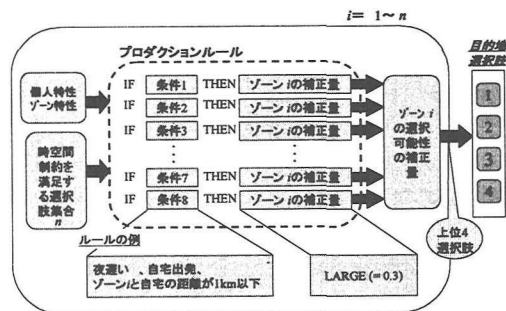


図5 プロダクションシステムを用いた選択肢集合の決定

では、時空間制約の条件を曖昧にすることで、これまで誤判断されていた目的地を選択肢集合に含めることができた。

つぎに、トリップメーカーごとに目的地の選択可能性を算出し、選択肢集合を決定する。図4にモデルの概略図を示す。具体的な手順としては、①時空間制約を満足する目的地の選択可能性を 0.5 とする。②プロダクションシステム (PS) により時空間制約を満足する目的地の選択可能性補正量を算出する。③選択可能性の高い上位4目的地を選択肢集合とする。PS とは、人間の経験的知識をルール形式で記述する手法である。この手法を用いることで、様々な要因が複雑に絡み合っている意思決定をルール形式でわかりやすく記述することができる。

目的地は個人が生活している場所の周辺(生活圏)、すなわち自宅、勤務先、現在地の周辺で行われる可能性が高いと考えた。そこで、この3地点と目的地との距離を変数に用いてPSを作成した。具体的に18ルールで構成されている。その結果、生活圏に目的地がある94トリップに対して、84トリップを選択肢集合に含むことができた。しかしながら生活圏から外れて別の場所へ移動した97トリップに対しては47トリップを抽出した。ここでは、とくに岐阜市外へ移動したトリップの誤判断が多くみられた。的中率は68.59%であった。

(c) 目的地決定モデルの作成

ここでは4個の選択肢集合の中から目的地を決定する。目的地の選択は論理構造が不明確であり、意思決定構造が複雑であると考えられる。そこで本モデルでは、ニューラルネットワーク (NN) を用いてモデル化を行う。一般にNNモデルは、高度な非線型関係を表現することができ、現況再現性の高いモ

デルの作成が可能である。

本モデルでは、活動内容によって業務と自由(日常的、非日常的)にわけ、2種類の目的地決定モデルを作成する。これは、業務と自由では目的地を選択するときの意思決定構造が異なると考えられるためである。両者に共通する説明変数としては「年齢」、「性別」、「昼間人口密度」である。また、固有の変数としては業務活動のモデルでは「商店密度」、自由活動のモデルでは「事業所密度」である。NNモデルは、入力層19、中間層10、出力層2の階層型である。また、学習回数は2000回とした。

的中率は自由活動の目的地を求めるモデルで77.10% (101/131 サンプル)、業務活動の目的地を求めるモデルで83.61% (51/61 サンプル)となった。ここでは、自由活動の目的地決定モデルにおいて、30個の誤判断トリップのうち24個が岐阜市内を目的地としたトリップであった。そこで今後の改良点としてはゾーン特性変数に新たな変数を用いるといった改良が必要と考えられる。

(3) 交通手段選択モデル

本モデルでは交通手段の選択を図6のような手順で行うと考えた。本稿では特にSTAGE1を取り上げて、そのモデル構造を説明する。

STAGE1 交通機関と徒歩・二輪の選択

交通手段の選択には、従来からロジットモデルが広く使われている。しかしながら、人間はいつでも1つの行動原理に基づいて行動しているとは考えにくい。ある特殊な状況下では別の行動原理に基づいて行動することもある。そこで、本モデルでは一般的な状況下での交通行動はロジットモデルで推計し、特殊な条件下での交通行動はファジィ推論によって記述する。ファジィ推論とは、「IF...THEN」形式の推論モデルにファジィ変数(言語変数)を導入して、人間の曖昧性をもつ推論を行うものである。推計結果を表1に、使用したルールの一例を図5に示す。

ファジィ推論を用いて、人間の非合理的な行動をルールで表すことにより、様々な人間の交通原理を記述した交通行動モデルが構築できた。

IF	x_1 is PB	x_2 is PS	THEN	LARGE
IF		x_2 is MS	x_3 is MB	THEN MEDIUM
IF		x_2 is PS	x_4 is Work	THEN SMALL

PS: Small MS: Medium Small MS: Medium Big PB: Big
 X_1 : 年齢 X_2 : 距離 X_3 : 時刻 X_4 : 活動内容
 公共交通の利用可能性: LARGE 0.85 MEDIUM 0.5 SMALL 0.15

図5 STAGE1のファジィ推論ルールの一例

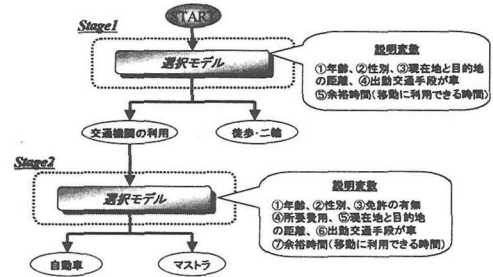


図4 交通手段選択モデルの概念図

表1 推論ルールを加えたSTAGE1の推計結果

ロジットモデル	実際の結果		
	交通機関	徒歩・二輪	合計
推計結果	交通機関	45	772
	徒歩・二輪	48	179
合計	775	176	951
的中率	90.22%		
ρ^2	0.653		
ファジィ推論	実際の結果		
	交通機関	徒歩・二輪	合計
推計結果	交通機関	0	4
	徒歩・二輪	0	28
合計	4	28	32
的中率	100.00%		
TOTAL	実際の結果		
	交通機関	徒歩・二輪	合計
推計結果	交通機関	45	776
	徒歩・二輪	48	207
合計	779	204	983
的中率	90.54%		

4. おわりに

本研究では交通行動記述のためのサブモデルを作成した。目的地選択モデルでは、個人ごとに異なる選択肢集合をPSで記述した。また、交通手段選択モデルでは、特殊な状況下での人間の判断の記述にファジィ推論を用いた。これらはいずれも高度な非線型関係を表現するのに有効であった。

以下に今後の課題をまとめる。

- ①本モデルの適用範囲の検討を行う。具体的には、混雑料金の導入時の交通行動をシミュレートする。ここでは、1日の交通行動を考えた上での混雑料金の設定が重要となる。
- ②交通行動表示システムの開発を行う。

【参考文献】

- 1) 坪井兵太, 秋山孝正: ファジィ・ニューラルネットワークを用いた経路選択行動のモデル化, 土木計画学研究・論文集, No.15, pp.509-516, 1998
- 2) 秋山孝正, 坪井兵太, 松浦貴宏: ソフトコンピューティングを用いた交通行動モデルの作成, 京大土木100周年記念ワークショップ論文集, pp.71-80, 1997.
- 3) 秋山孝正, 高羽俊光: ファジィ・ロジット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.