

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

The Sequential Estimation Models for Destination and Modal Split with Soft Computing

高羽俊光* 秋山孝正**

By Toshimitsu TAKABA and Takamasa AKIYAMA

1. はじめに

近年、交通政策の影響を微視的に捉えるために、個人レベルでの精緻な交通現象解析の必要性が課題となっている¹⁾。そこで、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意思決定過程をモデル化する。つぎに、意思決定過程におけるいくつかの判断を段階的推定モデルで表現する。このとき、ソフトコンピューティングを利用した交通行動記述を試みる。ソフトコンピューティングは、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^{2),3)}。

本研究で検討する段階的推定モデルの部分プロセスについては、既存研究で作成されている⁴⁻⁶⁾。この段階的推定モデルの構築のためには、さらに目的地選択モデルと交通手段選択モデルを作成する必要がある。本研究ではこれらのモデルを作成する。ここで目的地選択においては、移動可能な目的地選択にあいまいな判断が生じる。また交通手段選択においては、統計的表現の難しい知識や経験に基づいた判断の記述が必要である。そこで、本研究では「ファジィ推論」などのソフトコンピューティングを用いて、人間の判断過程を明示的に表現する。これにより、交通行動についての理解が容易となり、都市交通政策に対する的確な需要予測が可能となる。

2. 交通行動モデルの概要

2.1 交通行動モデルの前提

本研究では、人間の知識に基づく意思決定過程を記述することを目指して検討を進める。このとき、具体的には各種の知識表現方法を体系的に取り扱うソフトコンピューティングを利用したモデル化を行う。

本研究で作成するモデルは、個人の第1トリップから最終トリップまでの1日の交通行動を日常的活動にもとづいて推定するものである。また、個人は活動終了後につぎの交通行動を意思決定するとして逐次推計型のモデル構造である。本モデルの具体的な入出力データの関係を図1に示す。ある任意の個人を取り上げて、交通行動

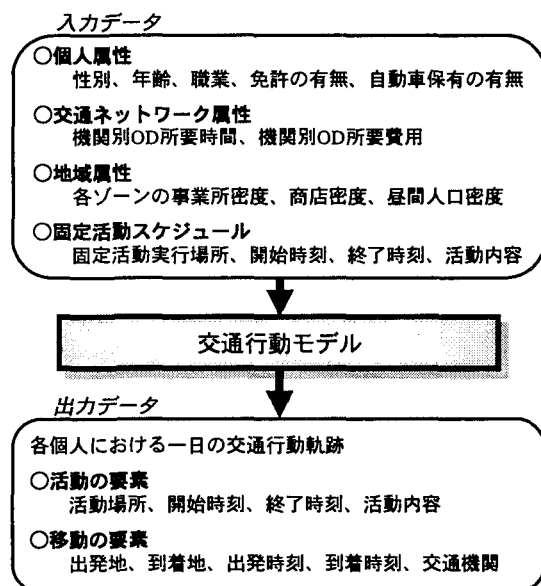


図1 入出力データの関係

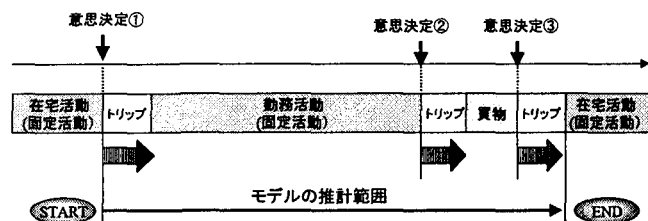


図2 交通行動モデルの推計範囲

モデルの推計範囲の概要を図2に示す。個人の活動は1日の中で行動が予定されている固定活動と、1日の交通行動の中で逐次推計される自由活動に分類する。固定活動には第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、勤務活動が含まれる。このとき、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。これは、固定活動が日々の生活の中でさほど変化しないと考えられることによる。また、本モデルは自由時間帯の交通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。

2.2 交通行動モデルの基本的構造

交通行動モデルの意思決定過程設定に関する妥当性については、「個人の顕在的でない意思決定」を議論することになり、演繹理論での検証は困難である。しかしながら、これらの交通行動は日常的知識を基本としたものであり、定性的な点からある程度の合理的構成を規定する

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)

ことが可能である。この点は、関連既存研究における同様の意思決定過程設定からも知ることができる⁴⁾。このようなことから、本研究では図3のような意思決定過程を設定する。この図は、ある活動が終了した時点において、個人がつぎの活動とその活動場所までのトリップを意思決定する際の意思決定過程を表わしたものである。ここでは、個人の意思決定を6段階に分割した。この個人の意思決定を簡単に説明する。

- ① 出勤するか否かを決定する。ここで、出勤する場合にはつぎの活動内容は勤務活動になる。勤務活動は固定活動に分類されるので、滞在時間、目的地は既知である。したがって、その後の滞在時間、目的地の決定は行わない。
- ② ①で出勤をしない場合、あるいは出勤するまで時間的余裕がある場合には、つぎの活動内容を選択する。すなわち、つぎの固定活動の前に行う自由活動の内容を決定する。
- ③ ②で宅内活動を行う場合には、宅内活動の滞在時間すなわち在宅時間を決定する。このとき、目的地は自宅であり、当然既知である。
- ④ ②で宅外活動を行うと判断したとき、宅外活動（日常、非日常、業務活動）の滞在時間を決定する。
- ⑤ ④宅外活動における目的地を決定する。
- ⑥ ⑤いずれのプロセスの場合も目的地が決定されているので、現在地から目的地までの交通手段を決定する。
- ⑦ ⑥最終帰宅を行うか否かを決定する。帰宅までに時間的余裕がある（帰宅しない）場合、つぎのトリップに関する意思決定を行う。
- ⑧ ⑦で帰宅する場合、現在地から自宅までの交通手段を決定する。これで1日の意思決定を終了する。

2.3 データベースの作成

ここでは、モデル構築用に第3回中京都市圏PTデータを使用する。本研究では、岐阜市内の就業者の交通行動の分析を目的としている。そこで、対象データとして岐阜市在住の自宅以外に勤務地を持つオフィスワーカーから983サンプルのトリップデータを抽出した。

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。

自由活動の内容は「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。本研究では活動を基本とした交通行動分析を行う。そこで、対象とした全983トリップのうち、トリップ目的から見た活動の構成は、勤務：358（36.4%）、途中帰宅後の在宅：42（4.3%）、日常的自由：72（7.3%）、非日常的自由：59（6.0%）、業務：61（6.2%）、

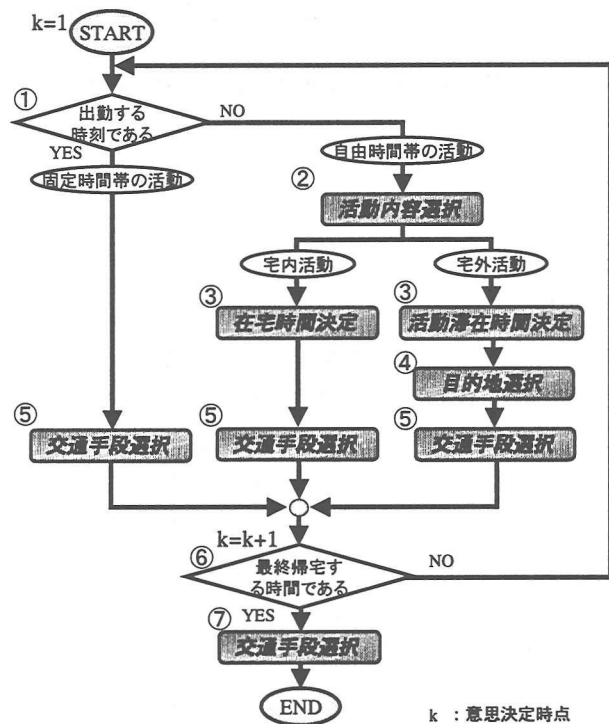


図3. 個人の意思決定過程の構造

最終帰宅後の在宅：391（39.8%）である。

3. 交通行動サブモデルの作成

図3に示した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で表現する。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。

3.1 既存研究における交通行動モデル

既存研究によって作成されたモデルには、①「出勤決定モデル」⁵⁾、②「活動内容選択モデル」⁶⁾、③「最終帰宅決定モデル」⁷⁾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。ここでは時刻（クリスプ値）を三角ファジィ数に置き換えることで、曖昧な時空間制約を表現している。その結果、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ソフトコンピューティングの融合モデルを作成した。これにより、操作性が高く、統計理論のもとで整合性を持つ行動説明が可能であるロジットモデルと高度な非線形関係が表現可能であるニューラルネットワークの長所を生かしたモデルといえる。

3.2 目的地選択モデルの作成

(1) 目的地選択モデルの概要

個人は、在宅活動を除く固定活動以外の活動（日常的自由活動、非日常的自由活動、業務活動）を行うと判断したとき、つぎに目的地を決定すると考えた。目的地となるゾーンは、ここでは岐阜市内12ゾーン、岐阜市外5

ゾーンの 17 ゾーンである。目的地選択モデルの構造を図 4 に示す。この推定手順は、「選択肢集合決定モデル」と「目的地決定モデル」の 2 段階で記述される。これは、個人はすべてのゾーンを選択肢と考えているのではなく、移動可能な目的地から選択肢集合を決定し、その中から目的地を決定していると考えたためである。選択肢集合決定モデルは、具体的にはさらに 2 段階のプロセスからなる。これらをまとめて目的地選択モデルの手順を以下に示す。

- ① 移動可能目的地の決定プロセス
移動可能な目的地（プリズム制約を満足する目的地）を選択肢集合とする。
- ② 選択可能目的地の決定プロセス
目的地ごとに個人が選択する可能性の高い 4 目的地を選択肢集合とする。
- ③ 目的地の選択プロセス
選択肢集合の中から目的地を決定する。

本研究では、活動を解析の基本とした交通行動分析を行う。ここで、本モデルの活動内容と交通行動の関連について記述する。本モデルでは、個人は目的地選択の意思決定の際に、活動内容に対応した目的地ゾーン特性が異なると考えた。たとえば、日常的な買物は目的地の商店密度と関係する。したがって、本モデルでは活動内容によって、目的地ゾーン特性を変更するモデルを作成する。

上記に示した 3 個のプロセスにしたがってモデル構造を説明する。

(2) 移動可能目的地の決定プロセス

ここでは、個々のトリップメーカーに対して、時空間制約を満たす目的地を選択肢集合に追加する。トリップメーカーの目的地選定は、時空間的制約（いわゆるプリズム制約）が重要な要件である。このとき、個人の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。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。

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

TM : 余裕時間 TP : 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）

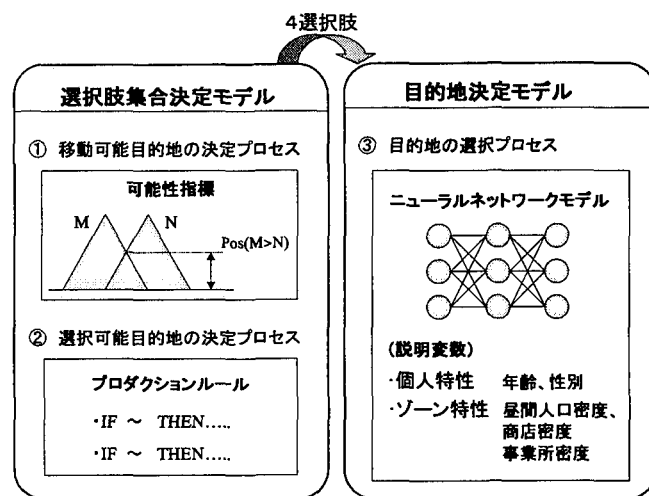


図 4. 目的地選択モデルの構造

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、ゾーン間の最早の交通手段による所要時間である。これらの変数はすべて三角ファジィ数で表現し、三角ファジィ数の左右のスプレッド幅は、それぞれ妥当な値に設定している。

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

つまり、この条件を満たす目的地 i への移動は、最早交通手段の利用により可能となる。したがって、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（可能性測度）を用いる。ファジィ測度とは、加法性を持たない拡張された測度である⁸⁾。

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

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あらわす。具体的には、 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高さで表される。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。

在宅活動を除く固定活動以外の活動を行った 192 サンプルを用いて的中率（＝正判断トリップ数／全サンプル数）を計算した結果 94.27%であった。目的地の選択基準値は試行錯誤的に計算した結果 $k = 0.2$ とした。ここで、基準値を 0.2 という低い値に設定したことによって、増加所要時間が余裕時間を大きく上回る目的地への移動の可能性も残ることになる。これは、現段階において、

移動可能性が極めて低い目的地について選択肢集合から除外することを目的としているためである。

本モデルでは、個人が認識する移動可能性な目的地選択肢集合を、2種類の時間変数の大小比較から抽出した。時間変数をファジィ数で規することにより、認知幅をもった時空間制約の下での目的地を選択肢集合に含むことができた。これは、個人の認識するゾーン間所要時間と実際の所要時間との相違に対応すると考えられる。

(3) 選択可能目的地の決定プロセス

つぎに、移動可能な目的地ごとに個人がその目的地を選択する可能性を算出する。

交通行動者は目的地決定の前に、経験的な制約条件から目的地選択肢集合を決定していると考ええる。ここでいう制約には、以下のようなものが考えられる。

- ・ 夜遅いなら日常的自由は自宅周辺で行う。
- ・ 業務活動なら勤務地周辺で行う。

そこで、本研究ではこのような制約条件を IF/THEN ルールを用いて記述する。これらの「制約」に対する実行可能性の判定には、認知距離等の変数が必要となるが、判定そのものは比較的単純である。したがって、ここでは通常の（クリस्पな）IF/THEN 型推論（PS：プロダクションシステム）を用いて定式化した。ここでは、12 ルール作成した。ルールの一例を図5に示す。具体的な手順を以下に示す。

- 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 IF/THEN ルールで構成される推論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 4 目的地を選択肢集合とする。

192 サンプルを用いて的中率を計算した結果 68.23% (131/192) であった。ここで、個人は自宅および勤務地の周辺で活動を行う可能性が高いことから、現在地および勤務地を生活圏とする。目的地が生活圏にある 82 サンプルのうち、74 サンプルが目的地を選択肢集合に含めることができた。しかしながら、生活圏から外れて別の場所へ移動した 110 サンプルについては、54 サンプルの正解となった。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。

(4) 目的地の選択プロセス

ここでは 4 個の選択肢集合の中から目的地を決定する。目的地選択においては、多数の要因が相互関係を持ち複合的に影響している。また活動内容に関連した極めて相違する意思決定が考えられる。このようなことから、本研究では、多数要因を同時に設定し、高度な非線形関係を定式化可能な NN（ニューラルネットワーク）を利用する。また NN では、重共線性等の統計的制約に関せずモデル記述が可能であり、同種のモデル化に妥当な方法である。

IF	x_5 is Daily activity and x_6 is PS	THEN	P is PMED
IF	x_4 is PS and x_6 is PB	THEN	P is NSML
IF	x_1 is Home and x_3 is PB and x_5 is Daily activity and x_6 is PM	THEN	P is NLAR
IF	x_5 is Work and x_7 is PS	THEN	P is PLAR
IF	x_2 is 0 and x_6 is PM	THEN	P is PSML

x_1 : 現在地 x_2 : 出勤の有無 x_3 : 現在時刻 x_4 : 固定活動までの時間 x_5 : 活動内容
 x_6 : 現在地から目的地 i までの距離 x_7 : 勤務地から目的地 i までの距離 P : 選択可能性補正量
 PS : Positive Small PM : Positive Medium PB : Positive Big
 PLAR : +0.5 PMED : +0.3 PSML : +0.1 NLAR : -0.5 NMED : -0.3 NSML : -0.1

図 5. IF/THEN ルールの一例

本モデルでは、活動内容によって 2 種類の目的地決定モデルを作成する。具体的には、日常的自由、非日常的自由、業務の 3 活動を自由と業務に分類し、それぞれ「自由目的地決定モデル」、「業務目的地決定モデル」とする。

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たためである。両者に共通する説明変数として「年齢」、「性別」、「昼間人口密度」を用いた。また、各モデルの固有の変数として、業務目的地モデルでは「商店密度」、自由目的地モデルでは「事業所密度」を用いた。NN モデルは、入力層 19、中間層 10、出力層 2 の階層型である。入力データおよび教師データは 0~1 までの数値に変換する。出力値は (0, 0) のとき第 1 選択肢、(1, 1) のとき第 4 選択肢と設定する。また、学習回数は 2000 回とした。

ここで、「目的地選択」に関する推計結果を活動別に検討する。「自由活動」の目的地選択推計では的中率：77.10% (101/131 サンプル) であり、一方で「業務活動」の場合には、83.61% (51/61 サンプル) である。一般的に良好な推計結果であるといえるが、なかでも業務活動に関する適合性が高い。これは、自由活動に比して業務活動時の交通行動記述の複雑さが小さい点に関係するものと思われる。すなわち業務活動時には、目的地選択の自由度が小さく、先決的な要素が支配的であることが推測される。

(5) 各プロセスの統合

目的地選択モデルでは、各プロセスを段階的に用いることでトリップメーカーの交通行動が推定される。ここでは、①移動可能目的地の決定プロセス、②選択可能目的地の決定プロセス、③目的地の選択プロセス、の 3 段階の推計を行った。この段階的推計における各プロセスの的中率は①94.27%、②68.23%、③79.17%となった。これらは、各段階における的中率を個別に計算したものである。したがって、段階的な推定においては、前プロセスの推計誤差がつぎのプロセスの推計で拡大される結果となる。段階的推計における最終的中率は 22.40%である。この結果から、現段階では、このモデルを用いて段階的な推計を実用的に用いるのは難しいことがわかる。今後はさらに詳細な要因分析を行い、モデルの改良を行う必要がある。

3.3 交通手段選択モデルの作成

(1) 交通手段選択モデルの概要

本モデルは、活動内容、滞在時間、目的地の決定後に、交通手段を選択するときの意思決定をモデル化したものである。交通手段は「マストラ」、「自動車」、「徒歩・二輪」の3種類とする。交通手段選択モデルの全体構成を図6に示す。ここでは、選択肢の類似性を考慮して2段階のモデル構造とした。

ここで、活動内容が交通手段の制約に大きく影響すると考えた。たとえば、日常的な買物を行う場合、自動車や徒歩・二輪で移動する可能性が高い。このようなことから、説明変数に活動内容を用いたモデルを作成する。

(2) 交通手段選択のモデル化手法

交通手段選択モデルのモデル化には、従来からロジットモデルが広く使われている。ロジットモデルは、操作性が高く、統計理論のもとで整合性をもつ行動説明が可能であるといった利点がある。しかしながら、現実的な交通行動において、統計的な解析では不十分な場合がある。これは、交通行動が複雑な社会状況の中から発生するものであるということから理解できる。一方で、ファジィ推論を用いた研究も行われている。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、人間のあいまい性をもつ推論を行うものである。ファジィ推論の利点としては、ルール形式で表現できるのでモデル構造が理解し易く、非線形な入出力関係も容易に表現できることなどがある。ファジィ推論で非線形関係が記述されるのは、算出過程においてmaxやminなどのT-norm演算を用いている点にも大きく影響される。ロジットモデルや各種ソフトコンピューティング手法の特徴については、既存研究において整理されている^{9),10)}。これらの既存研究を参考にして表1にファジィ推論とロジットモデルの特徴を整理した。

ここで、ロジットモデルの短所に「モデルの定式化に多様性がない」と示したが、ここでいう多様性とは、モデルが柔軟であるか否かを意味する。すなわち、ロジットモデルなどの数学モデルは、関係式(関数)設定時に決定論的モデル構造を規定することになるが、ファジィ推論には含意公式や合成規則などの方法に代替的演算が多数用意されている¹⁰⁾。したがって、条件によって様々なモデルが作成できる。また、「複雑な形状の効用関数を記述できない」とあるが、ここでいう複雑とは、単純な数式で書くことのできないような高度な非線形形状を意味する。

(3) 交通手段選択モデルの作成

ここでは、ロジットモデルとファジィ推論モデルを組み合わせた並列型のモデルを作成する。本モデルの概略を図7に示す。ここでは、ロジットモデルの推計値とファジィ推論の推計値の両方を考慮した形で本モデルの出

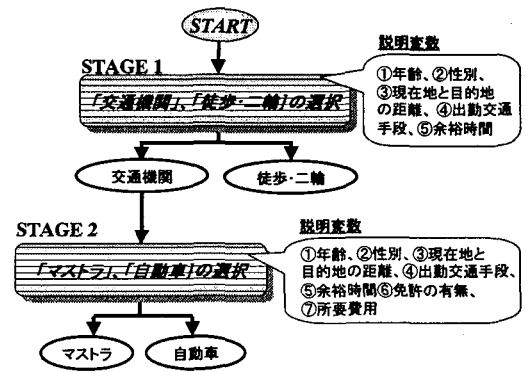


図6. 交通手段選択モデルの全体構成

表1. ロジットモデルとファジィ推論の特徴の整理

	長所	短所
ロジットモデル	- 操作性に優れている - 常に同一のモデルが作成できる - モデルの統計的検定が可能である	- モデルの定式化に多様性がない - 複雑な形状の効用関数を記述できない
ファジィ推論	- 高度な非線形現象の記述が容易である - モデル構造が明確である - モデルの改良が容易である	- パラメータやルールの作成を試行錯誤にたよる - ルール構成や変数の決定に確定的なものがない

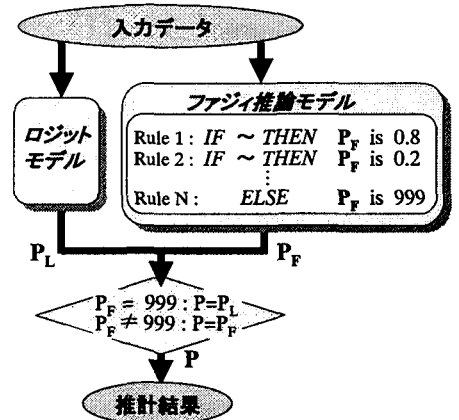


図7. 結合型モデルの概要

力値が算出される。ファジィ推論モデルでは、例外的な意思決定が含まれる交通行動に対して、推計値が算出される。また、通常的意思決定に基づいた交通行動に対して、ロジットモデルの推計値を利用した推定結果が算出される。具体的には、ファジィ推論のルールはロジットモデルで誤判断されたサンプルをもとに作成した。

「交通機関」-「徒歩・二輪」の選択(STAGE1)、および「マストラ」-「自動車」の選択(STAGE2)の両STAGEにおいて、ファジィ推論とロジットモデルの結合型モデルを作成した。ここで、ファジィ推論部分には、そのモデルの簡潔さと計算の高速化をめざして簡略化した手法である簡略ファジィ推論を使用した。

説明変数は、STAGE1で①年齢、②性別、③現在地から目的地までの距離、④出勤交通手段、⑤余裕時間の剰余の5種類である。STAGE2ではこれに⑥免許の有無、⑦所

要費用が加わる。ここで、余裕時間の剰余は式(5)のように定義した。

$$TS = TM - (T_{MODEi} + TD + T_{OD}) \quad \cdots \cdots (5)$$

TS： 余裕時間の剰余
TM： 余裕時間
T_{MODEi}： 交通手段*i* を用いたときの現在地から目的地までの所要時間
T_{OD}： 目的地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

また、簡略ファジィ推論では、「活動内容」、「目的地が都心(ゾーン 1, 2)か否かを表わす変数」、「次の固定活動までの時間」、「現在時刻」を説明変数に加えている。

ロジットモデルによる推計結果を表2に示す。ここで、θの欄の番号は前述した説明変数の順に対応している。STAGE 1 (交通機関と徒歩・二輪の選択)においては、「③現在地と目的地の距離」、「④出勤交通手段」の2変数が大きな影響を及ぼしている。また、所要時間の影響を考慮するために「⑤余裕時間の剰余」を変数に用いたが、有意水準 5%でt検定を行った結果、有意とはいえない結果となった。したがって、交通機関と徒歩・二輪の選択においては、その影響は小さいことがわかった。また、STAGE 2 (マストラと自動車の選択)においては、「④出勤交通手段」、「⑥免許の有無」の2変数が大きな影響を及ぼしている。またt検定の結果、「③現在地から目的地までの距離」が有意水準 5%での有意性は得られなかったものの、有意水準 10%では有意性が得られた。

本研究では、ロジットモデルの推計結果の分析をもとにファジィルールを作成する。ここでは、STAGE 1 では8ルール、STAGE 2 で13ルールを作成した。このようにして結合型モデルを構築した結果、それぞれ26サンプル、18サンプルがファジィ推論によって正しく判断された。

ハイブリッドモデルの推計結果を表3に示す。この表から、ロジットモデルによる記述が困難であった交通行動が的確に推計された。したがって、ロジットモデルの推計値をファジィ推論で修正した結合型モデルは有効に機能するということが確認された。

3.4 交通行動推計の概要

つぎに、具体的な交通行動を目的地・交通手段の段階的推定により求める手順を説明する。また段階的推定で生じる推計上の問題点について述べる。

(1) 計算プロセスの説明

ここでは、特定のサンプルについて1日の交通行動を推計する。今回は目的地選択モデルと交通手段選択モデルの再現性を調べるため、他のモデルでは正しく推計されると仮定する。対象としたサンプルNo. 283の属性を図9に示す。このとき、当該サンプルの1日の交通行動(トリップパターン)を図10に示す。

表2. ロジットモデルの推計結果

ロジットモデルの推計結果									
		STAGE 1			STAGE 2				
的中率		87.89%			90.72%				
ρ^2		0.5429			0.6544				
θ	定数項	-0.1034	(-0.2965)		7.5481	(3.7631) *			
	①	-0.0189	(-2.5277) *		-0.0435	(-3.7455) *			
	②	0.3936	(1.9207) *		-0.7812	(-2.6541) *			
	③	0.2519	(5.7047) *		-0.1067	(-1.8005) **			
	④	3.7936	(7.3053) *		4.2095	(5.5939) *			
	⑤	0.0347	(1.5393)		0.0539	(5.2558) *			
	⑥				2.9554	(6.8018) *			
	⑦				-0.0214	(-2.2806) *			
		推計結果		合計			推計結果		合計
		交通機関	徒歩二輪				マストラ	自動車	
実績結果	交通機関	726	50	776	実績結果	マストラ	82	49	131
	徒歩二輪	69	138	207 <th>自動車</th> <td>23</td> <td>622</td> <td>645</td>		自動車	23	622	645
合計		795	188	983 <th colspan="2">合計</th> <td>105</td> <td>671</td> <td>776</td>	合計		105	671	776

カッコ内はt値 (*: 5%有意水準を満足, **: 10%有意水準を満足)

表3. 結合型モデルの推計結果

ハイブリッドモデルの推計結果									
		STAGE 1			STAGE 2				
ルール数		8			13				
的中率		90.54 %			93.04 %				
		推計結果		合計	推計結果		合計		
		交通機関	徒歩二輪		マストラ	自動車			
実績結果	交通機関	731	45	776	実績結果	マストラ	95	36	131
	徒歩二輪	48	159	207		自動車	18	627	645
	合計	779	204	983		合計	113	663	776

サンプル No.283

●個人属性

女性、27歳、就業者、免許有、自動車有

●固定活動スケジュール

居住ゾーン3、勤務地ゾーン3、
最初活動開始時刻 7:55
勤務開始時刻 8:30
勤務終了時刻 17:00
最終活動終了時刻 18:15

図8. 当該サンプルの属性

【意思決定1】では、「出勤決定モデル」により「出勤する」と決定される。これより、活動内容は勤務(固定活動)となり、自動的に滞在時間は270分、目的地は3ゾーンとなる。つぎに、「交通手段選択モデル」において、「徒歩・二輪」が選択される。

【意思決定2】では、「最終帰宅決定モデル」により「最終帰宅しない」と決定される。つぎに、「活動内容選択モデル」では「非日常的自由」、「滞在時間決定モデル」では「20分」と決定される。さらに「目的地選択モデル」では、図4の①~③の手順で目的地が推計される。①では目的地選択肢が16個となる。②では選択肢集合がゾーン1, 2, 3, 6に決定される。③では目的地がゾーン1に決定される。最後に、「交通手段選択モデル」では、図6に示したSTAGE 1において「交通機関」、STAGE 2において「マストラ」が選択される。

【意思決定3】では、「最終帰宅決定モデル」により「最終帰宅する」と決定される。つぎに、「交通手段選択モデル」

ル」において、現在地から自宅まで交通手段が推計される。ここで、STAGE 1では「交通機関」、STAGE 2では「マストラ」と選択される。

以上のように推計された結果を図 10 に示す。

(2) 交通行動推計における問題点

この推定では、第 2 トリップ・第 3 トリップの交通手段が誤判別された。対象者は出勤時に「徒歩・二輪」を選択しており、OB（オフィススペース）トリップで「自動車」を選択する可能性は極めて低い。本研究では、本例のような合理的トリップ連鎖でない場合を「論理矛盾」と称する。

ここでは現行モデルを用いて、このような論理矛盾がどのくらい発生するかを検証する。本研究の対象サンプル（391 名：983 トリップ）について 1 日のトリップにおける交通手段を推計した結果、論理矛盾が発生したサンプルは 103 名であった。全体の 26% で論理矛盾が発生しており、モデルに記述された「交通行動原理」が十分ではないことがわかる。一方で、1 日の交通手段が正しく推計されたサンプルは 275 名であった。

本モデルでは、交通行動の意思決定をファジィ推論により記述している。したがって「論理矛盾」回避には、新規知識（ルール）の追加が必要である。たとえば、「出勤モードが自動車でない場合、OB トリップの自動車利用の可能性は小さい」というルール追加がモデル改良に寄与するものと考えられる。また、(1) トリップ連鎖の明示的関係の規定、(2) 目的遷移に関するモデル化なども、交通行動原理解明の意味から現段階の問題点として挙げられる。

4. おわりに

本研究では個人の 1 日の交通行動を記述する段階的推計のための目的地選択モデルと交通手段選択モデルを作成した。各モデルの推計精度を検証するとともに、実用的な視点から特定サンプルに対する段階的推定手順を示した。しかしながら、本研究の成果は目的地選択モデルと交通手段選択モデルであり、交通行動記述モデル全体を報告する内容とはなっていない。したがって、個人の交通行動記述のためには各意思決定プロセスの統合を行う必要がある。

本研究の主要な研究成果を以下に整理する。

- ① 目的地選択モデルでは、時空間の制約をファジィにすることで、人間の時間に対するあいまいな判断を明示的にモデルに取り込むことができた。
- ② 交通手段選択モデルでは、ロジットモデルとファジィ推論の長所を活かした結合型モデルを作成した。本モデルは、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であることがわかった。
- ③ 交通行動に関する段階的推計の可能性が具体的な例

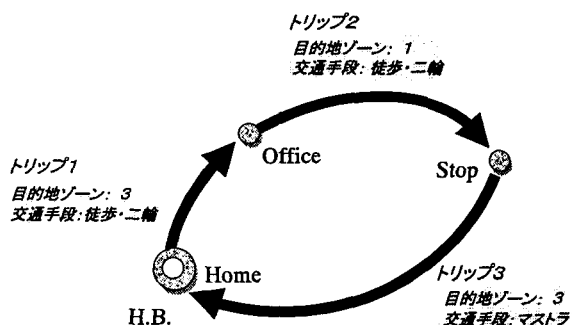


図 9. 当該サンプルの 1 日の交通行動

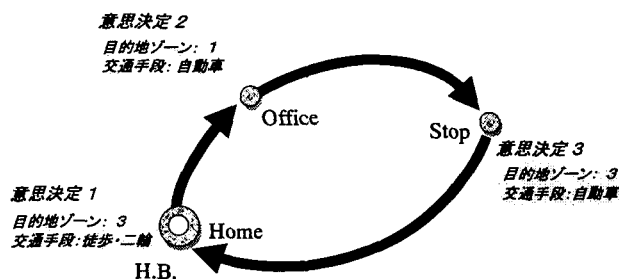


図 10. 推計された 1 日の交通行動

によって示された。そして、現行モデルの問題点についての検討を行った。特に本研究で用いたソフトコンピューティングによって、意思決定の連鎖過程を明確に表現した。

一般に交通行動記述には数学モデルが用いられることが多い。これらは、構築されたモデルの論理的解釈が明快な点が利点である。一方で、ソフトコンピューティング手法は、人間の優れた情報処理過程をモデル化する立場から、交通行動者の意思決定を明示的に表現していると考えられる。したがって、ソフトコンピューティングを適度に既存手法と融合的に用いることより、有用性の高い交通行動モデル構築が可能になると考えられる。以下に応用的側面からの今後の課題をのべる。

① 本モデルを用いた交通政策の評価

ここでは、交通政策としての混雑料金徴収がトリップメーカーに与える影響を分析する。具体的には、自動車の所要費用が高くなることで、モーダルシフトするトリップメーカーについて分析する。本モデルは、1 日の交通行動の予測が可能であるため、トリップパターンの変化が予測できると考えられる。

② 交通行動表示システムの構築

交通行動の変化を一般的に理解されやすいものにするためには、ビジュアル的な記述が必要である。そこで、画面表示システムの開発を行う。これは、交通政策の評価ツールとして機能すると考えられる。

最後に、本研究は文部省科学研究費補助金基盤研究(C)(2) (課題番号：10650524) の研究成果の一部であることをここに記す。

【参考文献】

- 1) 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.
- 2) 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.
- 3) 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.
- 4) 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.
- 5) 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.
- 6) 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.
- 7) 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.
- 8) 坂和正敏：ファジィ理論の基礎と応用, 森北出版, 1989.
- 9) 秋山孝正：知識利用型の経路選択モデル化手法, 土木計画学研究・論文集, No. 11, pp. 65-72, 1993.
- 10) 秋山孝正, 邵春福：ファジィ推論の交通行動分析への応用, 第1回ファジィ土木応用シンポジウム講演論文集, pp. 67-78, 1994.

ソフトコンピューティングを利用した段階的交通行動記述モデル

高羽俊光 秋山孝正

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となっている。本研究では、ソフトコンピューティング手法を用いて1日の活動を考慮した交通行動モデルを構築する。具体的には、交通行動意思決定過程のうち目的地・交通手段選択モデルを作成した。すなわち中京圏PT調査結果を用いて、ファジィ制約を用いた目的地選択モデルとロジットモデルを結合したハイブリッド型の交通手段選択モデルを提案した。各モデルにより高精度な段階的推計手順が示される。これらの検討から、人間の判断過程を明示的に表現した交通行動のモデル化手法が整理できる。

The Sequential Travel Behaviour Description Model with Soft Computing Approach

By Toshimitsu TAKABA and Takamasa AKIYAMA

The discrete analysis for travel behaviour is required to evaluate the impact of urban transport policy. The description model for daily travels based on the activity is constructed with soft computing approaches in the study. Particularly, the destination choice and mode choice are formulated as a sequential decision process for the travels. The destination choice model with fuzzy constraint and the hybrid mode choice model combining with logit model are proposed with the database from the PT survey in Chukyo area. Both models provide the sequential estimation process with significant level. The precise modelling methods for decision in travel behaviour are summarized through the above investigation.
