

ファジィクラシファイアシステムによる目的地選択モデルの構築*

Destination Choice Model with Fuzzy Classifier System*

秋山孝正**・奥嶋政嗣***・小澤友記子

By Takamasa AKIYAMA **・Masashi OKUSHIMA ***・Yukiko OZAWA

1. はじめに

交通行動者のあいまい性を考慮したファジィ交通行動モデルの具体化において、交通行動意思決定の各局面に対応したモデル化が報告されている¹⁾⁻³⁾。また一方で、複雑系として都市交通を分析するためのマルチエージェント交通行動分析システムにおける「交通行動記述」の基本的な枠組みとして用いられている⁴⁾。本研究では、このような個人単位の交通行動記述において、目的地選択行動のモデル化を検討する。適切な目的地選択モデルの構築は空間的なトリップ構成を規定する意味で、交通行動分析上の重要性が高い。ここでは知的情報処理として推論ルールを実証データより構成する「クラシファイアシステム」の導入を検討する⁵⁾⁶⁾。既存モデルとの比較検討によって交通行動推計上の優位性について言及する。

2. ファジィ交通行動モデルの構成

ここでは、交通行動記述のためのファジィ交通行動モデルを取り上げ、目的地選択モデルの精緻化を検討する。

(1) ファジィ交通行動モデルの基本的構成

本研究では、既存研究で構成された交通行動モデルにおいて、空間的な交通行動推計の点で重要性の高い目的地選択モデルを検討する。このとき、個別の交通行動に関するモデル構成を図-1に示す。本図記載のように6種類の基本要素モデルで構成される。交通行動パターンを構成するトリップに関する「交通手段選択」について、決定木モデル(ID3)を利用した知的情報処理モデルが報告されている。ここでは、交通行動者の活動地点を特定する「目的地」選択モデルを構成する。目的地の決定は、交通行動の要素である各トリップの空間的な範囲を規定する。したがって、交通行動者の目的地の的確な推計は、全般的な交通行動パターン推計においても有効に

*キーワード：ファジィクラシファイアシステム，交通行動モデル，目的地選択

**正会員，工博，岐阜大学工学部社会基盤工学科
(〒501-1193 岐阜市柳戸1-1, TEL:058-293-2443,
E-mail: takamasa@gifu-u.ac.jp)

***正会員，博士(工)，岐阜大学工学部社会基盤工学科

***正会員，工修，(株)交通システム研究所

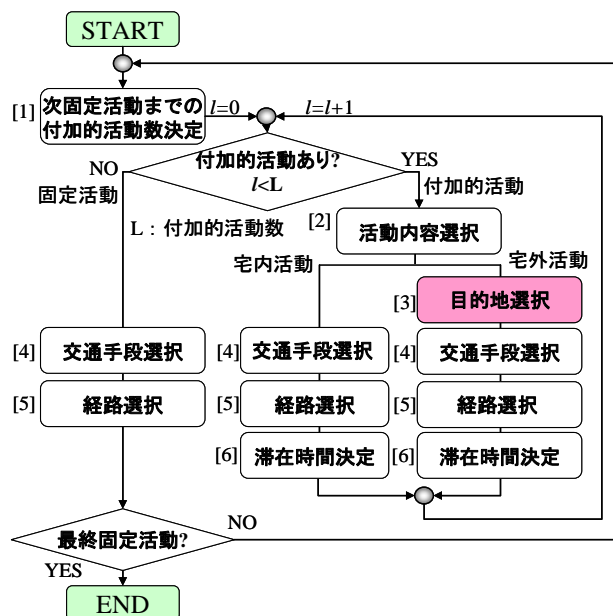


図-1 交通行動の意思決定過程

機能するものと考えられる。

本研究の交通行動モデルにおいては、平成13年中京都市圏パーソントリップ調査データから、岐阜市居住の交通行動者に対応する8443サンプルを用いた。また対象地域は岐阜市市内として、都市交通環境に対応する道路網データ、バス路線網などの基本データを整理した。

(2) ファジィクラシファイアシステム

本研究では、ファジィ交通行動モデルとして作成された、交通行動の各局面の知的情報処理モデルと統合的な方法を適用する。なかでも本稿では、推論形式のモデルを実証データより規定する方法として、「クラシファイアシステム」の構成を利用する。一般に、クラシファイアシステムは、IF/THEN型の知識ベースを基本として、実績データ(判断結果)から、遺伝的アルゴリズムによる学習結果として、推論ルール群を構成する方法である。

こうした、一般の推論方式(クリスプ推論)の強化学習システムを「ファジィ推論」に対応する形式で拡張したものを「ファジィクラシファイアシステム」という。この具体的な計算方法として、いくつかの方法が知られている。本研究で用いる「ファジィクラシファイアシ

テム」は、①ルール発見システム（ルール生成機構）、②ファジールールベース、③ファジ推論システムおよび④信頼度割り当てシステムからなる機械学習システムである。このような算定結果として得られた「ファジールールベース」に蓄えられる「推論ルール群」を用いて推論を実行する^{5) 6)}。これより、各ゾーンの選択可能性を算定し、目的地ゾーンを推測するものである。

3. 目的地選択モデルの構築

ここでは、既存の目的地選択モデルにおける問題点を整理し、推計精度向上のため強化学習から知識獲得可能なファジ推論による改良型モデルを構成する。

(1) 目的地選択行動モデルの全体構成

交通行動者が目的地を選択するときの判断をモデル化する。本モデルで想定する状況は、交通行動者の活動内容が「日常的自由」「非日常的自由」「業務」のいずれかの場合である。交通行動者は、目的地を選択する際、居住地や勤務地付近などの、限られた生活圏内で目的地を選択している。本研究では図-2 に示すように、目的地選択モデルを「選択肢集合決定モデル」と「目的地決定モデル」の2段階で構成する。すなわち、選択肢集合モデルでは、時空間制約を満たす移動可能な目的地と、交通行動者の生活圏を考慮して、目的地の選択肢を決定する。目的地決定モデルでは、これらの選択肢の中から、最も有効な目的地を決定する。この2段階の意思決定過程について、既存研究では①推論による選択肢抽出モデル、②NN（ニューラルネットワーク）による目的地選定モデルを構成している。このとき、各モデルの問題点として、前者では、①選択肢数（4地域）の設定による空間構成の妥当性の配慮、後者では、②目的地選択の意思決定構造の明示的な記述が挙げられている。本研究では、既存モデルと同様に「2段階の推定手順」を利用して、上記問題点の念頭において改良型モデルを構成する。

ここで目的地（設定ゾーン）は、対象地域の岐阜市内を14ゾーン、岐阜市外を4ゾーンとして、計18の小ゾーンに分類する。したがって、各トリップに対して目的地を小ゾーン単位に対応づけるものである。

(2) 選択肢集合決定モデル

交通行動者が目的地を選択する場合、現在地の付近や勤務地、自宅付近のみを選択肢として認識している。そこで、目的地の選択肢集合を5種類の方面別ゾーン（中心部、東部、西部、南部、北部）とした。これを中ゾーンとして（中心部、東部、西部、南部、北部）=（2, 4, 6, 4, 5）の小ゾーンの結合形で構成される。したがって、選択肢集合決定においては、交通行動者は中ゾーンのいずれかを選択肢集合とする。

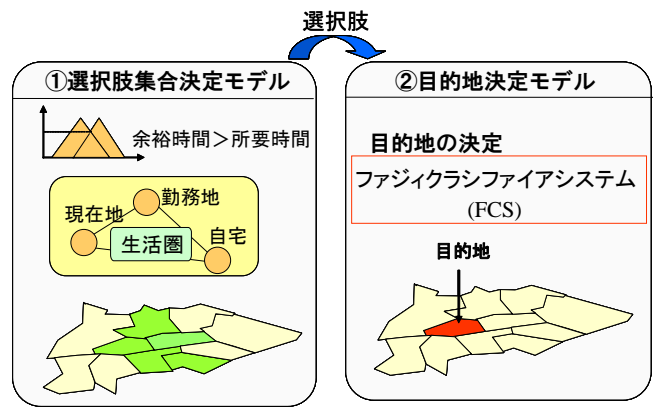


図-2 目的地選択モデルの構造

具体的には、トリップの意思決定時点での現在地、交通行動者の居住地、勤務地の位置から選択肢集合（中ゾーン）を決定する。このとき個人属性や意思決定状況を考慮し、IF/THEN ルールを用いて選択肢の範囲を判断する。また都市活動の滞在時間は既知であるから、滞在時間と移動時間を考慮した時空間制約を満たす目的地を選択する。上記のように、最終的に選択肢集合に含まれる目的地は2～6箇所のゾーンに限定される。

(3) 目的地決定モデル

ここでは、前項の選択肢集合に含まれるゾーンの中から、目的地を決定するモデルを構成する。目的地選択では活動内容、目的地特性、時間帯のような様々な要因が複雑に影響する。また、個人属性やトリップ属性等により意思決定要因が異なり、演繹的な少数ルールでの記述は困難である。そこで、実績データから実証的な推論ルールを自動生成する「ファジィクラシファイアシステム」を適用する。上記のように、本研究のファジィクラシファイアシステムでは、遺伝的アルゴリズム（GA）を用いてルールの淘汰・増殖、交叉、突然変異を行う。一般に、GAに基づく機械学習法をGBML (genetics-based machine learning) と呼ぶ。ミシガンアプローチは、IF/THEN ルールの1つ1つを個体とみなし、ルール集合である個体群に対してGAを適合するもので、分類システム、クラシファイアシステムと呼ばれている。GAを用いることで、既存の有用なルールから新しいルールが生成され、最適な推論ルール集合の作成が可能となる。

さらに、ファジィクラシファイアシステム(FCS)は、あいまいさを含む入力値や連続変数を取り扱うためにクラシファイアの条件部と結論部がファジィ集合に拡張されたものである。この具体的構成を図-3 に示す。本図にも示されるように、本研究のファジィクラシファイアシステムは、4種類のサブシステムにより構成される。①ファジールールベース：各ルールは個人属性、トリップ属性およびゾーン特性についての16要因の変数から

構成される前件部、および目的地の選択可能性の高さを表す後件部から構成される。前件部および後件部はともに0または1のビット列により表現し、合計39bitで構成している。各要因が当該ルールと無関係な場合には、ドントケアというカテゴリーを対応させ、条件数の少ないルールの獲得を可能としている。このルールベースには50ルールを蓄積している。また、各ルールにはルールを順序づけるために信頼度が付与されている。

②ルール発見システム(GA)：ルールベースに蓄積されているルール群より一対のルールを抽出し、遺伝的操作を行ってルールベースを更新する。具体的には、各ルールに付与される信頼度に基づいて、信頼度が下位のルールより淘汰を行い、エリート保存戦略に基づいて淘汰したルールと同数のルールを生成する。ここでは、淘汰率：0.4、交差率：0.3、突然変異率：0.3と設定している。

③ファジィ推論システム：ルールの記述の容易性と、計算時間の短縮のため、簡略ファジィ推論を用いる。ここで推論ルールの後件部の値 w_k は、very-large：100、large：50、medium：10、small：-50、very-small：-100と設定した。ルールベースに蓄積されたルール群に基づいて、1サンプルについて、最大6ゾーンに対応して、それぞれのゾーンの選択可能性 POS_i を簡略ファジィ推論により算定する。このとき、ルールベースに蓄積されていても、信頼度が負であるデータは推論に使用しない。この簡略ファジィ推論の算定結果より、選択可能性が最も高いゾーンを当該サンプルの目的地選択の推論結果とする。

④信頼度割り当てシステム：それぞれのサンプルの教師データと推論結果を比較して、一致していた場合には正の報酬を、一致していない場合には負の報酬を与える。ここでは、教師データの目的地ゾーンの選択可能性を算定するために利用した各ルールの前件部の一致度 μ_k (メンバシップ値) に応じて、信頼度 α_k を増減させる。この計算をすべてのサンプルについて実行することで、当該世代の各ルールの信頼度が確定する。なお初期の信頼度は0と設定している。

このような算定過程により、3000世代まで計算をおこない、ファジィ推論ルールを獲得した。具体的な獲得ルールの例を図-4に示す。たとえば、ルールR1では、「未成年者が、所要時間が少なく現在地と同一のゾーンを次の付加的活動の目的地とする可能性は非常に高い」ということを表現している。また、ルールR2は「自宅から遠距離のゾーンを目的地とする可能性は低い」ことを表現している。このように、ファジィクラシファイアシステムの適用により、①多数の変数を組み合わせた推論ルール群を自動生成できる、②交通行動におけるあいまい性を有する変数を含んだ検討ができる、③推論形式の表現により交通行動に関する知識整理が可能などの利点をもつモデルを構成できることがわかった。

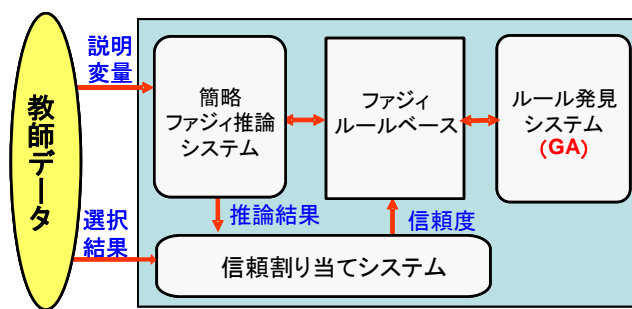


図-3 ファジィクラシファイアシステムの構成

R1:	IF AGE is very-small and TTI is small and DES is same THEN POS_i is very - large
R2:	IF DDH is large THEN POS_i is small
R3:	IF OCP is office-worker and DDO is large and TIM is before DES is other THEN POS_i is very- large
R4:	IF SOT is female and POT is Non-Daily affair trip and DDO is large and DDP is large SHP is office and WOF is type 2 THEN POS_i is large
R5:	IF SOT is female and CLI is 1 and POT is Non-Daily affair trip and DPO is small and DDP is large and TCO is large THEN POS_i is small
R6:	IF OCP is O-W and POT is Non-Daily affair trip and DPO is small and DDP is large and TCO is large THEN POS_i is small
R7:	IF DDH is small and TTF is medium and WOF is type 2 and DES is same THEN POS_i is very - large
R8:	IF Age is very small DDH is medium and TCO is small and DES is same THEN POS_i is very - large
R9:	IF OCP is O-W and POT is Non-Daily affair trip and DPO is small and DDP is large and TCO is large and TIM is medium and WOF is type 2 THEN POS_i is small
R10:	IF DDO is medium and WOF is type 1 and DES is other THEN POS_i is very - large

CLI：免許有無，POT：活動内容，OCP：職業，AGE：年齢，
DOF：事業所密度，DOP：昼間人口，TCO：最大所要費用，
TTI：最小所要時間，DDP：現在地からの距離，TIM：現在時刻，
DDO：勤務地からの距離，DDH：自宅地からの距離，SOT：性別，
TTF：固定活動までの時間，WOF：出勤の有無，DES：同一ゾーン

図-4 獲得されたファジィ推論ルールの例

4. 目的地選択モデルの適用性検証

ここでは、ファジィクラシファイアシステムを用いて構成した目的地選択モデルの適用性を検証する。

(1) 現況再現性の検証

対象となるトリップは、目的地選択をともなう日常的自由、非日常的自由、業務トリップの571サンプルである。①選択肢集合決定モデルでは、中ゾーンの割り当てと、選択肢範囲の指定により、目的地選択用データ571サンプル中、554サンプル(97.0%)について、正しい目的地を含む選択肢を指定できた。また、選択肢集合に含まれるゾーン数の最大値は6ゾーン、平均値は4.28ゾーンとなった。②目的地決定モデルでは、的中率(=正判断トリップ数/対象トリップ数)は78.9%(451/571サンプル)となり、距離や時空間制約におけるあいまい性を考慮し

たモデル化が可能となった。

全般的な目的地の特定精度について、交通目的別に比較検討したものが図-5 である。本図より自由目的（日常・非日常）に関してはいずれも8割程度の的中率となり、また業務目的においても既存モデルに比して20%程度の推計精度の向上が観測される。このように、学習型のファジィ推論を用いて、交通行動推計面で適切な目的地選択モデルが構成できた。

(2) 交通行動推計結果による検証

目的地選択モデルの精緻化は、個別交通行動パターンの推計精度向上を与える。本研究では上記の強化学習型の目的地選択モデルを内包して、図-1に示すファジィ交通行動モデルの推計手順により、各サンプルの交通行動パターンの推計を行った。表-1に主要な交通行動パターンに関する実績値と推計値を整理した。交通行動パターンでは、ピストン型・トライアングル型は過大推計となっており、一方でダブルピストン型（OB、HB）は過少推計である。帰社・帰宅などのベース中心の活動形態の把握が難しいことがわかる。

また、本表で対角線上に含まれるサンプルは実績と同一の交通行動が推計されたものである。この点から比較すると、既存モデル（4,437サンプル、的中率；52.6%）から、今回提案したモデルでは（5,326サンプル、的中率；63.1%）であり、若干の推計精度の向上が見られる。

5. おわりに

本研究では、知的情報処理を利用した交通行動モデルの基本構成要素としての目的地選択モデルを実証データに基づいて作成する方法を紹介した。これらの検討より、本研究で得られた成果は、以下のように整理できる。

- ① 選択肢集合決定と個別目的地選定の2段階の推計過程を基本として、改良型モデルの構成を検討した。特に推論形式の強化学習モデルであるクラシファイアシステムの適用可能性を検討した。
- ② 目的地選択モデル構築において、ファジィクラシファイアシステムの学習手順の適用方法を示し、交通行動データから推論ルール群を抽出した。これより、個別交通行動としてのトリップに関する目的地の推計が可能モデルが構築された。
- ③ 提案された目的地選択モデルを利用することで、既存モデルに比べて、交通行動パターンに関する推計精度の向上が検証された。目的地の推計精度は交通行動推計の妥当性の向上から重要である。

今後の検討課題として、①ファジィクラシファイアシステムの学習結果であるファジィ推論ルール群に記載される基本的な交通行動原理を整理する、②交通条件変化

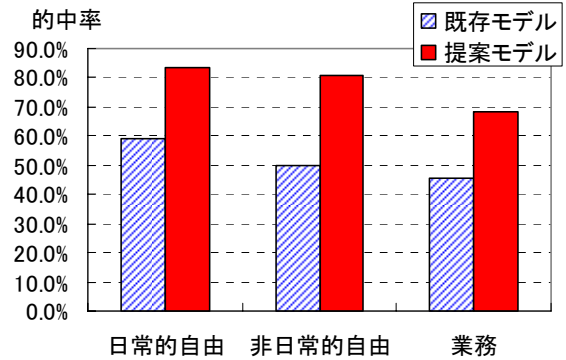


図-5 トリップ目的別の的中率の比較

表-1 交通行動パターン推計結果

	同一ゾーン	推計値							合計	
		ピストン型	トライアングル型	W-ピストン(H-B)	W-ピストン	サークル型	2-サイクル	その他		
実績値	同一ゾーン	2,425	317	99	70	0	26	25	28	2,990
	ピストン型	303	2,345	402	32	33	26	19	45	3,205
	トライアングル型	107	205	155	41	7	18	24	25	582
	W-ピストン(home-based)	130	78	138	63	1	22	31	25	488
	W-ピストン(office)	33	176	11	1	0	0	0	3	224
	サークル型	51	40	52	14	7	16	13	22	215
	2-サイクル型	85	77	57	31	2	9	21	33	315
	その他	136	113	51	26	4	23	28	43	424
合計	3,270	3,351	965	278	54	140	161	224	8,443	

に伴う交通行動パターン変化を検討するため目的地選択との関係性に関する分析を行うなどの点が挙げられる。

参考文献

- 1) 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.
- 2) 小澤友記子, 秋山孝正, 奥嶋政嗣: 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, 土木計画学研究・論文集, Vol. 21, No. 2, pp.607-618, 2004.
- 3) Ozawa, Y., Akiyama, T., Okushima, M.: Impact Analysis of Congestion Pricing with Fuzzy Travel Behaviour Model, Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol.4, CD-ROM.
- 4) 秋山孝正, 奥嶋政嗣, 和泉範之: マルチエージェント型ファジィ交通行動モデルの提案, 土木計画学研究・論文集, Vol. 24, pp.489-490, 2007.
- 5) 石淵久生: ファジィクラシファイアシステム, 日本ファジィ学会誌, Vol.10, No4, pp.613-625, 1998.
- 6) 中岡謙, 古橋武, 内川嘉樹, 前田宏: ファジィクラシファイアシステムの報酬と信頼度割り当てに関する一提案 -大規模システムにおける知識発見を目指して-, 日本ファジィ学会誌, Vol. 8, No. 1, pp.65-71, 1996.