

# 都市交通現象を対象とした人工生命モデルの提案

## Proposal of Artificial Life Model for Urban Transportation Phenomenon

奥嶋 政嗣\*\*・秋山 孝正\*\*

Masashi OKUSHIMA\*\*, Takamasa AKIYAMA\*\*

### 1. はじめに

都市交通現象は、多くの要素が様々な因果関係の中で形成される複雑で動的なシステムであるといえる。特に都市交通施策の導入時における過渡的な状況での、都市交通現象は複雑で、交通状況の変化のプロセスや、行動主体間の協調行動などの相互作用が、定常状態に至った後の施策効果にまで大きく影響すると考えられる。

本研究では、複雑系として都市交通現象を捉えることにより、局所的な行動主体の相互作用から、大局的な仮想社会全体の振る舞いが創発されるプロセスを、観測可能な人工生命モデルを作成する。具体的には、マルチエージェントを用いたシミュレーションにより、仮想社会における動的な日々の交通状況の変化に対する行動主体の自律的な行動・判断の変化の様子を可視化する。また、この仮想社会において、初期集団における個人属性の分布を変化させることで、自己組織化の進展の相違を観察し、効率的状況に至る条件を導出する。このように、複雑な都市交通現象を理解するための、新しいアプローチの手法として人工生命モデルを提案する<sup>1),2)</sup>。

### 2. 人工生命モデルによる都市交通現象の表現

本研究では、マルチエージェントシミュレーションを用いて人工生命モデルを構築し、仮想社会において都市交通現象を表現する。ここでは、中規模地

方都市における都心部への通勤交通を対象とし、通勤者の交通機関選択行動をモデル化する。

#### (1) 仮想社会の構成

本研究では、マルチエージェントシミュレーションの基本要素であるエージェント、環境、ルールにより、仮想社会を構成する。このとき、現実社会の中規模地方都市において、朝ピークにおける道路交通渋滞が深刻な問題となっている、岐阜市北東部の大洞地区を参考に、仮想社会を構成していく。ここで、大洞地区では実際に交通渋滞解消を目的としたP & B Rの社会実験が実施されており、都市交通施策の必要性が高い地域である。

仮想社会での都市交通現象分析や、都市交通施策による効果分析が、参考とした現実社会での問題解決を直接的に与えるものではない。しかしながら、現実社会の地域を参考とすることで、同程度の規模をもつ地域における交通現象の分析に、問題解決の方向性を示唆できる可能性を与えるものである。

#### (2) 仮想社会の交通環境

仮想社会の模式図を図-1に示す。ここでは都心部までの経路として、3本のリンクのみで設定している。これらのリンクの所要時間は、BPR型のパフォーマンス関数で規定され、交通集中による所要時間の増大を表現可能としている。

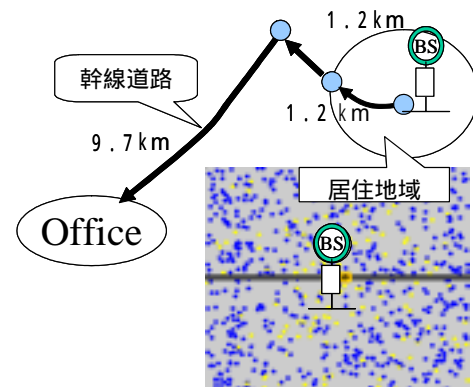


図-1 居住地域と都心部の位置関係

キーワード：交通現象, 交通行動, 人工生命, 複雑系

\*\* 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,  
E-mail:okushima@cc.gifu-u.ac.jp)

\*\*\* 正会員, 工博, 岐阜大学 工学部社会基盤工学科

居住地域は 200×200 の区画に分割され通勤者エージェントの住所地を表現し、住所地によりバス停および主要道路までのアクセス時間が規定される。仮想社会では、既設の交通機関として、バスおよび自動車の 2 種類のみが利用可能である。ここで、バス料金は一律 500 円とし、自動車所要費用は、燃費・駐車料金・維持費などから平均 760 円・標準偏差 100 円で正規乱数により通勤者ごとに設定する。

### (3) 通勤者エージェント

まず、参考とする大洞地区の交通状況を把握するため、第 3 回中京都市圏 P T 調査データに基づき、大洞地区から都心部へ出勤する通勤者のレコードを抽出した。その際、利用交通機関、自動車保有の有無、免許保有の有無に関して集計し、それぞれの構成比を算定した。

仮想社会において出現するエージェントとしては都心部への通勤者エージェントのみとする。大洞地区の集計結果を参考に、730 個体の通勤者エージェントを仮想社会において生成した。これらのエージェントについては、通勤行動は平日のみ行われ、通勤交通機関選択が 1 ヶ月ごとに行われる設定とした。

通勤者エージェントの属性には、シミュレーション過程において変動しない個人属性と、経験や周囲の状況により変動する内部状態の 2 種類を設定する。変動する内部状態としては、利用交通機関、各交通機関の予測所要時間がある。各通勤者エージェントに個人属性を与えることにより、属性の相違による判断の違いをモデル内で表現する。本モデルでは、個人属性の設定方法として、各変数について確率的に分布させ、設定している。ここで、各属性値の構成比率は、実際の中京都市圏 P T 調査を基に与えるものとした。具体的な設定方法を表 - 1 に示す。

### (4) 行動ルール

本モデルでは、通勤者エージェントの交通機関選択基準は、個人属性および走行経験から導出される一般化交通費用とする。個々のエージェントの経験に基づく認知所要時間による自律的な選択行動の帰結として、ある交通状態が成立し、個々のエージェントの認知学習にフィードバックする構造とした。

また、個々のエージェントについて、図 - 2 に示すように、走行経験の蓄積により、認知所要時間の更新を行う構造としている<sup>3)</sup>。通勤者エージェント

表 - 1 個人属性の設定

個人属性	乱数	具体的設定
住所(南北方向, 東西方向)	一樣	200x200の1セル
時間価値(円/分)	正規	$\mu=25, \sigma=5$
自動車所要費用(円)	正規	$\mu=760, \sigma=100$
利用可能自動車の有無	一樣	自動車保有率を考慮
免許の有無	一樣	免許保有率を考慮
バスアクセスの許容範囲(分)	正規	$\mu=10, \sigma=5$
バス待ち時間の許容範囲(分)	正規	$\mu=15, \sigma=5$
バス混雑度の許容範囲	正規	$\mu=1.3, \sigma=0.3$

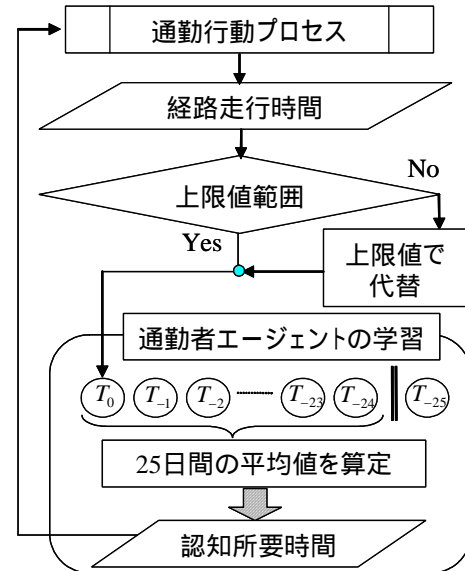


図 - 2 走行経験の蓄積方法

について、過去 25 日間の所要時間を蓄積可能としている。本モデルでは、その平均値を算出し、予測所要時間とした。また、平均所要時間の 1.5 倍の所要時間を上限値とし、上限値を超過する所要時間を経験した場合には上限値の値を蓄積する。

### (5) 初期の利用交通機関への依存度

初期の利用交通機関に占める自動車利用の割合について 7 種類 (0%、20%、40%、60%、80%、100%、基本値 (現実社会を参考に設定した割合) : 69%) のケースについてそれぞれ仮想社会を観測した結果を図 - 3 に示す。

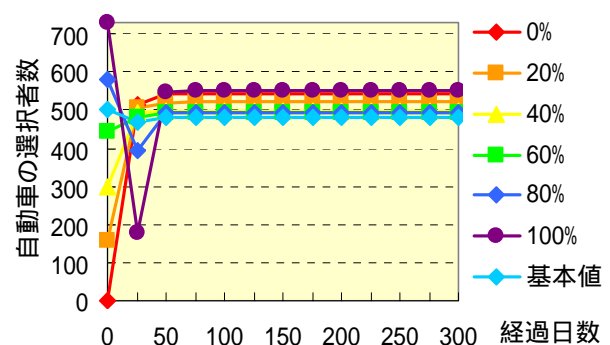


図 - 3 初期状態別の自動車利用者数の推移

シミュレーション開始直後は大きな変動を観測されるが、それ以降は、基本値のケースと比較して、約±5%以内に収束した。これにより、利用交通機関に関して、初期状態への依存度は低く、初期の利用交通機関に占める自動車利用の割合に関わらず、一定の範囲内へ収束することが確認された。

### 3. 新規交通施策導入の記述

本研究では、新しい交通施策の実施に対する利用者の態度が、利用者の交通行動の決定に影響を及ぼすという立場をとる。ここでは、仮想社会において新しい交通施策が実施された場合の、通勤者エージェントの取りえる態度と、それぞれの態度における交通機関選択プロセスについて記述する。

#### (1) 新しい交通政策に対する態度

都市交通施策の導入時には、還元論的な需要予測手法において、需要が期待されるにもかかわらず、施策実施後の利用者数は低調となることもある。特にパークアンドライドなどの、利用者の選択肢を増加させる施策では、利用者が新しい交通施策を選択肢として受容しない場合があることを示唆している。

この仮想社会における通勤者エージェントを、新しい交通施策に対する態度により、表-2に示す3種類に層別した。施策受容層は、選択肢として新規交通施策を受容するが、選択は一般化交通費用により行う。また、キャプティブ層は施策に対して否定的な態度をとる。態度保留層については、導入当初は選択対象としないものの、状況の変遷にしたがって、施策を受容する可能性を有することとしている。

#### (2) 仮想社会での施策導入

この仮想社会では、バス利用と自動車利用の2種類の交通機関において、利用交通機関の割合が定常状態に収束したのち(具体的には150日目)に、パークアンドバスライド(P&BR)施策を導入する。

導入するP&BR施策では、幹線道路と住居地域からのアクセス道路の結節点に駐車場を設置し、定時性の確保された高速道路を走行する急行バスへの乗換えを可能とする。P&BR駐車場と都心までの経路を図-4に示す。ここで駐車料金、急行バス料金などを合わせた所要費用を、自動車利用の平均値より低い水準となるように、一律600円と設定する。

表-2 新規交通施策に対する態度による層別

エージェントの層別	施策導入時	態度の変容
施策受容層	選択対象	なし
態度保留層	選択対象外	可能性あり
キャプティブ層	選択対象外	なし

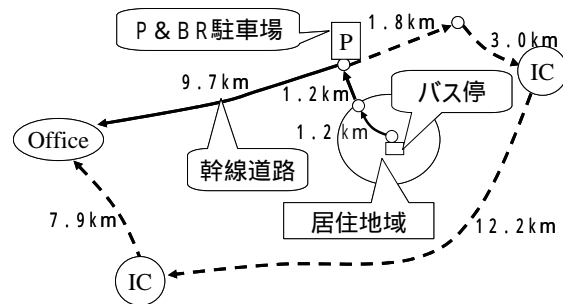


図-4 P & B R 駐車場と都心までの経路

また P&BR 駐車場から都心までの急行バスでの所要時間は27分とした。

#### (3) P & B R 施策の利用状況の観察

P&BR 施策導入時における利用状況の変化を、新規交通施策に対する態度による層別の有無相方のケースについて、仮想社会において観察する。ここでのP & B R利用率の変遷の比較を図-5に示す。ここで層別ありのケースは、施策受容層20%、態度保留層30%、キャプティブ層50%としている。当然ながら態度によって選択対象外となる可能性のある層別ありのケースでは、層別なしのケースより利用率は低減する。いずれのケースについても施策導入より50日目で収束する。

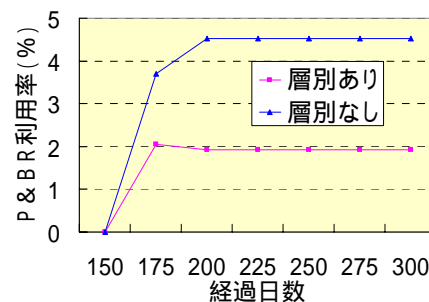


図-5 層別の有無によるP & B R利用率の比較

### 4. 行動主体間の相互作用プロセス

本研究では、新しい交通施策の実施に対する利用者の態度は、行動主体間の相互作用によって変遷する可能性があるかと仮定する。ここでは、態度保留層に属する通勤者エージェントについて、施策受容の態度へ変遷する場合の相互作用について表現する。

(1) 施策導入と行動主体間の相互作用

周囲の行動者が非協力的な場合、その行動者は協力する意思を阻害される可能性が考えられる。また、周囲の行動者が協力的な場合、非協力的であった態度を変容する可能性も考えられる。

この仮想社会では、態度保留層の通勤者エージェントは、住所地セルから3セルの移動で到達できる周囲の48セルにおける局所的なP&BR利用率と、それぞれのエージェントに付与された基準比率とを比較して、利用率が上回った場合に施策受容への態度の変容が規定される。ここでは、行動主体が影響を受ける親密な関係を代替するものとして、物理的な距離により関係の親密度・重要度を表現している。

(2) 相互作用による施策導入効果の変化

ここではキャプティブ層の割合を50%として固定して、施策受容層の初期比率が5%、10%、25%のケースにおける相互作用の有無による比較を行った。施策受容層の初期比率は施策実施までの普及活動の相違を表すと考えられる。図-6に定常化後のP&BR選択率の比較を示す。施策受容層の初期比率が低いケースでは、相互作用の有無による変化は見られないが、初期比率の上昇にともなってP&BR選択率の相互作用の有無による差が拡大していく。相互作用プロセスが波及的効果を産生する可能性を示した結果となっている。また、波及的効果を創発するには、施策実施の事前に施策受容層の割合を高めることが効果的となると考えられる。

導入直後(150日目)から定常化後(300日目)へのP&BR利用エージェントの分布状況の変化を図-7に示す。導入直後にP&BR利用のエージェントの周辺を中心に、P&BR利用エージェントが集積する傾向が観察される。

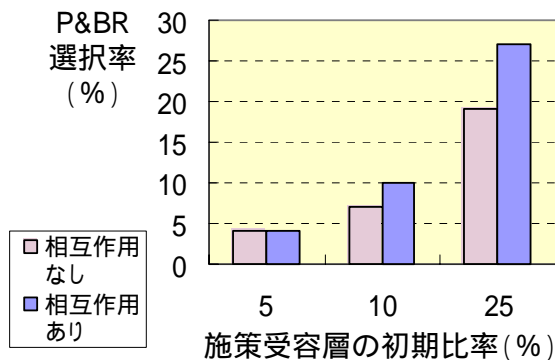


図-6 相互作用によるP & B R利用率の変化

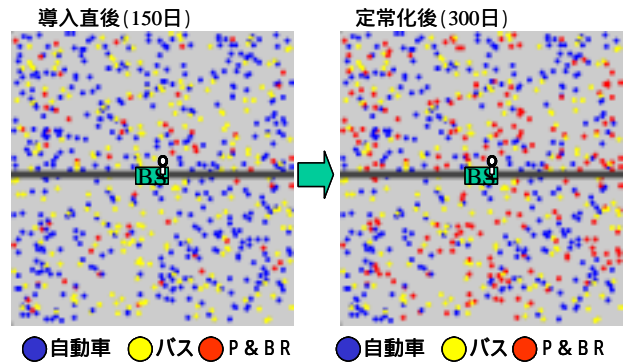


図-7 P&BR利用エージェントの分布状況の変化

5. おわりに

本研究では、都市交通施策の導入時における過渡的な状況での、都市交通現象の複雑に変遷するプロセスを理解するための新しいアプローチの方法として、人工生命モデルを提案した。ここでは、複雑系として交通現象を捉えることにより、局所的な個人の行動から、大局的な仮想社会全体の振る舞いが、創発される現象を観測することが可能となった。本研究の成果を以下のように整理する。

仮想社会において、通勤者の交通機関選択とその帰結としての交通状態の成立の過程をフィードバックすることにより、通勤者の認知所要時間の学習と、時系列的な交通行動変化を表現可能とした。新規交通施策導入に対する行動主体の態度を規定し、行動主体間の相互作用を記述することで、態度の変容を表現することを可能とした。新規交通施策の導入過程では、その波及的な効果の浸透は、施策受容層の比率に依存しており、効率的な状況の自己組織化の進展には、ある一定以上の施策受容層の存在が条件となることを示した。今後の課題としては、以下の点が挙げられる。

- 相互作用プロセスでの協調行動の明示
- エージェントの判断プロセスへのファジィ性導入
- 1日の交通行動を表現する人工社会への拡張

参考文献

- 1) Epstein.J.M and R.Axtell, 服部正太・木村香代子訳：人工社会 - 複雑系とマルチエージェント・シミュレーション, 共立出版, 1999
- 2) 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. 37-47, 2001
- 3) 中山晶一郎・藤井聡・北村隆一：ドライバーの学習を考慮した道路交通の動的解析：複雑系としての道路交通システム解析に向けて, 土木計画学研究・論文集, No.16, pp. 753-761, 1999