

# マルチエージェントシミュレータを用いた交通現象解析の提案\*

## Proposal of Transport Analysis with Using Multi Agent Simulator\*

奥嶋政嗣\*\*・秋山孝正\*\*\*

By Masashi OKUSHIMA\*\*・Takamasa AKIYAMA\*\*\*

### 1. はじめに

複雑系モデルは、要素還元的な分析方法での解決の困難な問題に対して、エージェントの相互作用や、自己組織化プロセスを明示的に表現し、システムに発生する創発現象 (emergence) を発見しようとするモデルである<sup>1,2)</sup>。このような複数のエージェントがシステム内で活動する状況を記述するものをマルチエージェントシステムとよぶ。一般に関連する多数の計算機工学的技術を導入してモデルを構成する 경우가多くみられる<sup>3)</sup>。一方で計算機工学分野では、汎用な複雑系モデルとしての「マルチエージェントシミュレータ (MAS)」が開発されている<sup>4)</sup>。本研究では、都市の公共交通利用促進政策を対象として、人工社会を構成する<sup>5) 7)</sup>。この場合、既存のMASの機能を有効利用して、都市交通現象に関する複雑現象を既存のモデルにおいても実用的に構成できることを示す。これより既存MASの都市交通計画問題への適用可能性が整理されるとともに、基本的モデル構成法が提示できる。

### 2. マルチエージェントシミュレーションの構成

ここでは、既存のマルチエージェントシミュレータを利用して、都市の郊外化、モータリゼーションといった都市交通現象を解析するための人工社会を構成する。

#### (1) 既存のマルチエージェントシミュレータ

ここでは、既存のマルチエージェントシミュレータの構成・機能について整理し、本研究で提案する人工社会を構築するための利用方法について整理する。

複雑系モデルの構築のために、数種のマルチエージェントシミュレータ (MAS) が開発されている。たとえば、RePast, Mason, Soars, PlatBox, U-mart, StarLogo, Swarm

などが挙げられる。これらのなかには、無償・オープンソースで配布されているソフトウェアもある。

本研究では、「人工社会」構築のために考案された汎用MAS構築ツール「artisoc」を用いる<sup>4)</sup>。この汎用MAS構築ツールの構成の概要を図-1に示す。

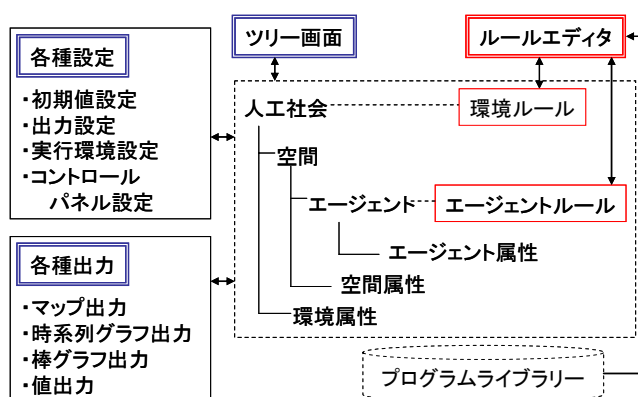


図-1 マルチエージェントシミュレータの開発環境

主要な機能としては、[1]各種設定機能、[2]モデル構成機能(ツリー画面)、[3]プログラム編集機能(ルールエディタ)、[4]シミュレーション実行機能、[5]各種出力機能の5種類で構成されている。入出力およびモデル構成をGUIにより容易に設定・変更可能である。このため、OSなどに関する知識がなくとも、システムの構築が可能であり、「エージェント」に関する属性の設定と、行動ルールおよび「環境」に関する属性設定とルールのコーディングにより、シミュレーション結果(マップ、時系列グラフなど)を得ることができる。

プログラム編集機能に関しては、オブジェクト指向型のプログラム作成を支援するものである。エージェントモデルで汎用される処理に関しては、汎用関数として用意されている。また、これまでに提案されている多くのMASモデル(Sugarscape, Boid, 繰り返し囚人のジレンマゲームなど)のライブラリが公開されており、これらのソースコードを利用できる。このように、人工社会構築のための要素が、多数備わっている。

#### (2) エージェントモデルの構成

ここでは、本研究で提案する交通現象解析のため

\*キーワード: マルチエージェントシミュレータ, 交通現象解析, 郊外化, モータリゼーション

\*\*正会員, 博士(工), 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, E-mail:okushima@gifu-u.ac.jp)

\*\*\*正会員, 工博, 岐阜大学工学部社会基盤工学科

の人工社会でのエージェントの属性と行動ルールについて整理する。エージェントの属性を表-1に示す。

エージェントは居住地をベースとして、都市圏内を移動する。また、エージェントは世帯を構成しており、同一世帯内エージェントは共通の居住地を属性にもつ。また、経年的な変化に応じて各個人属性も更新されることとする。また世帯タイプは、世帯構成員の①誕生、②就学、③就職、④独立、⑤結婚、⑥退職、⑦死亡といったイベントの生起により更新される。

エージェントモデルの構成を図-2に示す。本研究ではモータリゼーションをライフスタイルとして検討する。すなわち、各世帯では、世帯代表者であるエージェントが居住地と自動車利用（自動車保有、運転免許取得を含む）を同時に意思決定するものとする。ライフスタイルの種類を表-2に示す。自動車利用エージェントはすべてのトリップで自動車を利用することとし、自動車非利用エージェントは、公共交通・徒歩などですべての移動を行うものとする。このライフスタイルの決定にしがって、居住地位置（座標点）および自動車利用距離が決定される。このような、ライフスタイルの決定を、経年的に繰り返し行うこととする。

このとき、意思決定時点での居住地および勤務地の周辺エージェントの動向（趨勢）に影響されることとする。すなわち、このような関連世帯（周辺エージェント）の自動車利用距離により、自動車利用に関わるライフスタイルの選好性が本質的に高まることとする（効用の増加）。また、所属する世帯での経年的な自動車利用の蓄積により、自動車利用の選好性が高まるものとする。このため、自動車利用の選好性は不可逆的であり、かつ進行する。このような、自動車利用の選好性の向上は、自立的には変化することが少ないこととする。

一方、非世帯主エージェントは、世帯主のライフスタイルの決定にしたがう。居住地位置に基づいて、自動車利用距離を決定する。このため、交通弱者（若年・高齢者）に関しても、郊外部への移転が起こることとなる。

### (3) 空間条件と初期設定

本研究での人工社会における空間条件と初期設定について整理する。初期状態においては3700エージェント、1000世帯が存在するものとする。エージェント分布の初期設定を図-3に示す。

ここで、人工社会の空間全体を625区画に区分している。人工社会の空間は都心部：25区画、周辺部：200区画、郊外部：400区画より構成される。またエージェントの人口分布に関しては、地域別の人口構成比率を、都心部：35%、周辺部：40%、郊外部：25%と設定している。一方、自動車利用状況に関しては、エージェントの構成比率を、自動車利用：33%、自動車一部利用：33%、

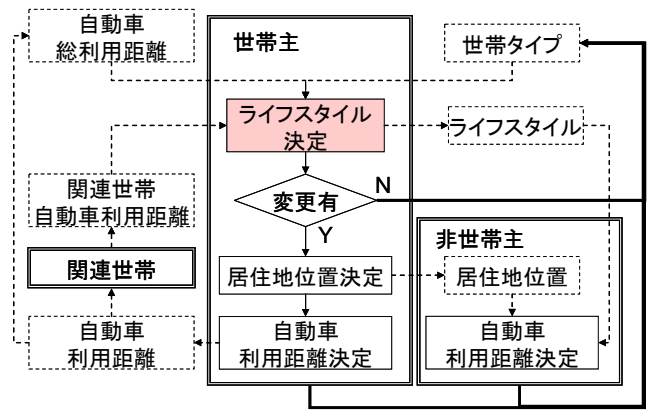


図-2 エージェントの行動モデル

表-1 エージェントの属性

属性	更新	属性値		
年齢	有	(整数値)		
性別	無	[1]男	[2]女	—
職業	有	[1]就業者	[2]就学者	[3]主婦・無職
世帯代表	有	[0]なし	[1]あり	—
配偶者	有	[0]なし	[1]あり	—
同居(未成年)	有	[0]なし	[1]あり	—
同居(成年)	有	[0]なし	[1]あり	—
運転免許	有	[0]なし	[1]あり	—
自動車保有	有	[0]なし	[1]あり	—
居住地	有	[1]都心部	[2]周辺部	[3]郊外部
居住地位置	有	(数値座標)		
勤務地	無	[1]都心部	[2]周辺部	[3]郊外部
生活様式	有	(9種類:別表)		

表-2 ライフスタイルの種類

No.	居住地	自動車利用	初期設定比率
1	都心部	自動車非利用	20%
2	都心部	自動車一部利用	3%
3	都心部	自動車利用	12%
4	周辺部	自動車非利用	23%
5	周辺部	自動車一部利用	4%
6	周辺部	自動車利用	13%
7	郊外部	自動車非利用	12%
8	郊外部	自動車一部利用	13%
9	郊外部	自動車利用	8%

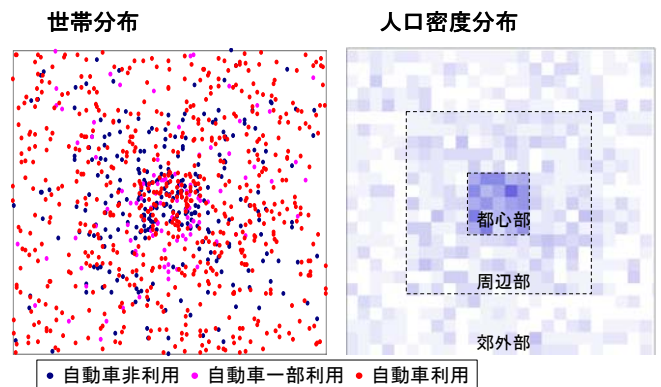


図-3 エージェント分布の初期設定

自動車非利用：34%と設定している。

また、世帯タイプの更新に関わる世帯構成員の①誕生

生～⑦死亡までのイベントの生起は、平均年齢に基づいて、予めランダムに所与されているものとする。

このように、既成のMASを利用した、行動主体の多様性や局所的相互作用を表現方法を示すとともに、人工社会における具体的なエージェントの属性と行動ルールについて規定した。これより、人工社会におけるエージェントのライフスタイルの変遷に対応した都市交通現象の観測が可能となった。

### 3. 人工社会における都市交通現象解析

ここでは、前章で構成された人工社会における都市交通現象について解析する。具体的には、50年の期間を設定し、居住地および自動車利用状況の変遷を分析する。

#### (1) 都市構造の郊外化過程の分析

ここでは、都市構造の郊外化の側面より分析を行う。世帯構成人数別の世帯数の経年変化を図-4に示す。

ここでは、独身世帯、2人世帯といった少人数の世帯数が経年的に増加し、5人以上の世帯が減少する結果となっている。このような、現象は現実世界においても観測されているものであり、世帯タイプの更新に関わる世帯構成員の①誕生～⑦死亡までのイベントの生起の設定が妥当であることがわかる。このため、ライフスタイル決定の重要な要因となる世帯タイプの経年的な変化が妥当であることがわかる。

つぎに地域別人口の経年変化を図-5に示す。都市圏全体での人口変化はほとんどなく、ほぼ一定である。都心部の人口は著しく減少し(△77%)、郊外部の人口が倍増する(+114%)。このように、都市構造は郊外化し、拡散が継続することがわかる。

#### (2) モータリゼーション進展状況の分析

ここでは、モータリゼーションの進展の側面より分析を行う。地域別総走行台キロの経年変化を図-6に示す。

都市圏全体での総走行台キロは、初期状態の3.23倍(=93517/28877)に増加する。特に郊外部での自動車利用の増加が顕著である。これは、郊外化とモータリゼーションが相乗的に進展した結果であると考えられる。この結果として、都市圏全体での総走行時間は14.8倍(=25400/1740)となり、多大な外部不経済が発生する。

つぎに、地域別の交通事故発生件数の経年変化を、図-7に示す。都市圏全体での交通事故発生件数は、初期状態の3.4倍(=44/13)に増加する。特に郊外部での交通事故発生件数の増加が顕著である。このように、交通安全に関する社会的な問題も増大する。

これは、単位走行距離あたりの交通事故発生確率の高い高齢ドライバーの増加も大きな要因となっている。

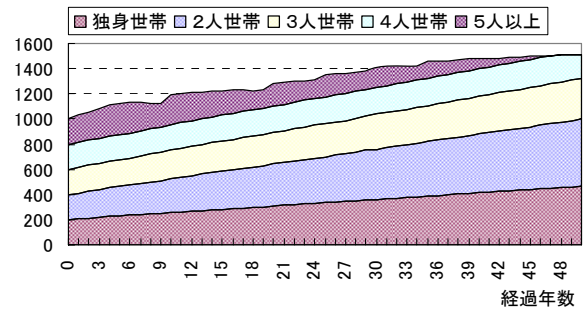


図-4 構成別世帯数の経年変化

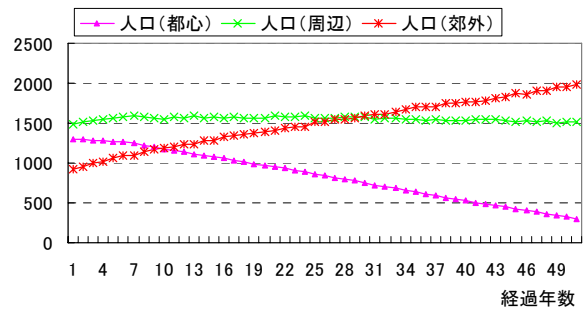


図-5 地域別人口の経年変化

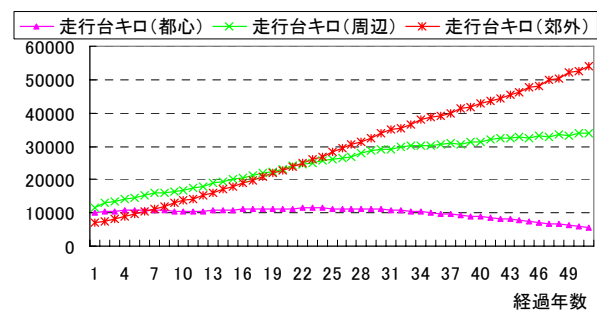


図-6 総走行台キロの経年変化

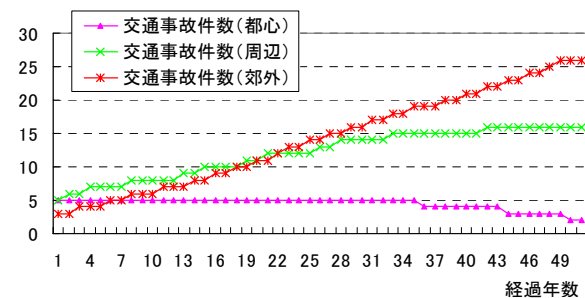


図-7 交通事故件数の経年変化

これは、高齢者人口は2.55倍(=947/370)に増加したことに加えて、高齢者の自動車利用割合も増加していることが原因である。20～50歳代において、郊外居住・自動車利用のライフスタイルを決定したエージェントが、高齢化した後も自動車利用が継続することが問題となる。

このように、人工社会において、長期的に社会的問題が深刻化することがわかる。



### (3) 空間的な状況変化についての考察

最終状態におけるエージェントの世帯分布および人口密度分布を図-8に示す。初期状態における空間分布を表現した図-3と比較して検討する。

世帯分布は都市圏全体に拡散し、自動車利用が著しく進行する状況がわかる。また、都心部においても、人口密度は著しく低下している。このように、空間的に拡散することで、移動距離も増加する原因となっている。このため、自動車利用以外での移動が、より不便となっている。このような、循環により社会問題が進行する。

つぎに、最終状態における自動車利用状況（自動車利用率）の空間分布を、図-9に示す。

初期状態と比較して、都市圏全体に自動車利用が拡散し、増大している状況がわかる。このように、常に自動車利用を行うエージェントの増大が原因となる。

このように、人工社会におけるエージェントのライフスタイルの変遷に対応した都市交通現象の観測結果から、郊外化およびモータリゼーションの進展の状況が示された。また、人工社会においては、郊外化およびモータリゼーションは今後さらに進展し、著しい社会問題を引き起こす結果となった。このため、公共交通利用促進策を適用し、モータリゼーションの進展を抑制する方法の検討が重要である。

## 4. おわりに

本研究では、既成のMASモデルを利用した、行動主体の多様性や局所的相互作用を表現方法を示すとともに、自己組織的な交通現象変化観測の意義を提示した。本研究の成果は以下のように整理することができる。

- ① 既存のマルチエージェントシミュレータの構成・機能について整理した。これより、既存のMASの都市交通計画問題への適用可能性が整理された。
- ② 既存のMASの機能を有効利用して、都市交通現象に関する人工社会モデルを構成した。これより、人工社会におけるエージェントのライフスタイルの変遷に対応した都市交通現象の観測が可能となった。
- ③ 人工社会における観測結果からは、郊外化およびモータリゼーションは今後さらに進展し、著しい社会問題を引き起こす可能性が示された。

また本稿の人工社会の構成方法に関して、現実的適用を目指したいくつかの課題が挙げられる。①人工社会の構成において、エージェントの社会問題に関する意識のライフスタイル決定への影響について検討する必要がある。②人工社会において、公共交通利用促進策を適用し、具体的な変遷を観測する必要がある。③人工社会において、都市交通現象に関わる自律的な社会問題の解決について検討する必要がある。

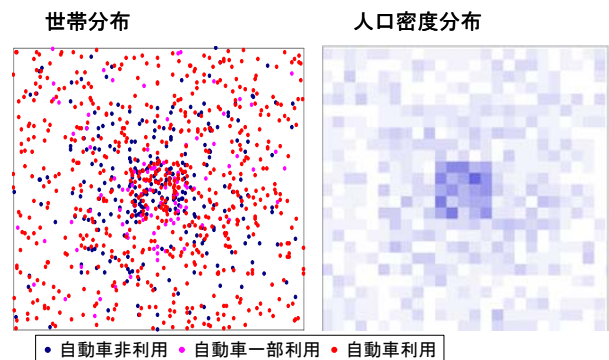


図-8 エージェント分布の最終状態

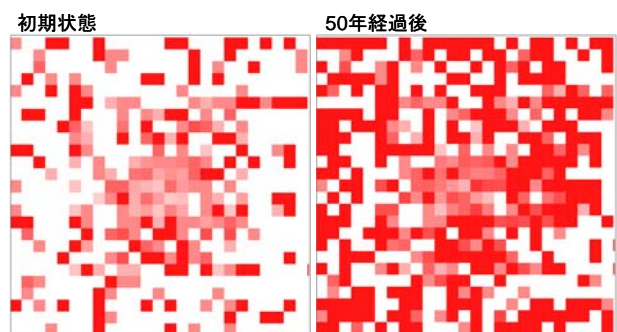


図-9 自動車利用状況の変化

### 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.37-47，2001.
- 2) 秋山孝正：ソフトコンピューティング技術の土木計画における応用と課題，土木計画学研究・講演集，Vol.27，CD-ROM，No.201，2003.
- 3) 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.
- 4) 山影進：人工社会構築指南—artisoc によるマルチエージェント・シミュレーション入門，書籍工房早山，2007.
- 5) R. Kitamura, S. Nakayama and T. Yamamoto : Self-reinforcing motorization: can travel demand management take us out of the social trap?, Transport Policy , Vol. 6, pp. 135-145, 1999.
- 6) Masashi Okushima, Takamasa Akiyama:Construction of Artificial Life Model for Urban Transport Analysis, Proceedings of the SCIS & ISIS 2004, CD-ROM, No. 20109, 2004.
- 7) 奥嶋政嗣，秋山孝正：局所的相互作用を考慮した都市交通政策評価のための人工社会モデル，土木学会論文集D，vol. 63，No. 2，pp.134-144，2007.