

エージェントモデルによる 低炭素社会の都市交通政策の検討

木村 俊之¹・秋山 孝正²・井ノ口 弘昭³

¹関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)
E-mail:akiyama@kansai-u.ac.jp

¹関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)
E-mail:akiyama@kansai-u.ac.jp

²関西大学 環境都市工学部 都市システム工学科 (〒564-8680 大阪府吹田市山手町3-3-35)
E-mail:hiroaki@inokuchi.jp

本研究では、持続可能な低炭素社会の創造を目指した環境未来都市における都市交通政策の提案を行う。ここで、低炭素社会において都市交通面ではPHV・EV・ULVなどの低炭素車両の普及と有効活用が検討される。また一方で、都市居住の面では太陽光発電・スマートハウスの普及が都市活動の変化を与える。特にEV車両の交通機能と蓄電機能は着目すべき課題である。このため本研究では、地方都市の都市交通政策の検討に際して、交通行動者をエージェントとする都市交通現象記述モデルを構築する。地球環境面の都市交通政策に対するエージェントの自律的行動変化に基づく、複雑系の大域的变化としての都市活動・空間移動の変化過程を観測する。特に地方都市における公共交通政策と低炭素車両普及政策の相対的バランスについて検討する。また、人口減少社会での環境未来都市における持続可能な交通機関分担について具体的提案を行う。

Key Words : *clean energy vehicle, smart city, multi-agent model*

1. はじめに

持続可能な低炭素型社会の創造を目指す「環境モデル都市」・「環境未来都市」が推進されている。都市空間移動に関する低炭素化の実現のため、ハイブリッド自動車 (HV)、電気自動車 (EV)、超小型モビリティ (ULV) などの低炭素型車両の利用促進が期待されている。

本研究では、地方都市の都市交通政策の検討のために交通行動者を対象としたエージェントモデルを構築する。本研究で構築するエージェントモデルは、車両購入 (ガソリン車・低炭素型車両) および交通機関選択に関する意思決定を中心に記述されている。エージェントモデルを地方都市に適用することで、将来の都市活動・空間移動の変化過程、エネルギー消費量・環境負荷量 (二酸化炭素排出量) の推移を観測する。これらの観測・検討を踏まえて、人口減少社会における持続可能な都市交通政策について提案を行う。

2. 環境未来都市の基本理念

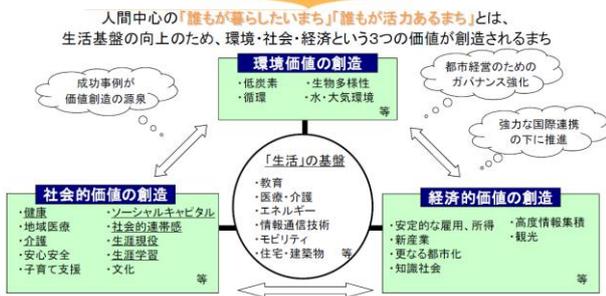
本章では、環境未来都市ならびに低炭素車両の普及動向、地方都市における都市交通政策を整理する。

(1) 環境未来都市の概要

環境未来都市構想は、首相官邸の内閣府地方創生推進室が進めている。これは、世界的に進む都市化を見据え、持続可能な経済社会システムを実現する都市・地域づくりを目指すものである。図-1 に示すように環境未来都市では、単に環境負荷量の削減を目指すのみではなく、社会・経済の面からの検討も必要である。

現在、環境モデル都市として 23 都市、環境未来都市として、横浜市・富山市・北九州市など 11 都市が選定されている。これらの都市における成功事例を国内外へ普及展開することを通じて、需要拡大、雇用創出、国際課題解決力の強化を図っている。

- ① 「誰もが暮らしたいまち」、「誰もが活力あるまち」を実現
- ② 人、もの、金が集まり、自律的に発展できる持続可能な社会経済システムの構築
- ③ ソーシャルキャピタル(社会関係資本)の充実等により、社会的連帯感の回復
- ④ 人々の生活の質を向上させることが究極的な目的



(出典：内閣府地方創生推進室)

図-1 環境未来都市における3つの価値の総合的な創造

(2) 低炭素型車両の整理

ここでは、低炭素型車両に関して特徴および将来の普及見通しを整理する。低炭素型車両は、二酸化炭素排出量が従来の車両と比較して少ない車両である。現在、ハイブリッド自動車(HV)、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド自動車(PHV)、超小型モビリティ(ULV)などが販売されている。また、燃料電池自動車(FCV)についても開発が進み、将来的な普及が期待されている。これらの車両は動力としてモーターを利用していることが特徴である。また、現在のEVはバッテリー容量の関係で、1充電での航続距離がガソリン自動車と比較して短く、長距離の移動の際は充電が必要である。

これらの低炭素型車両の将来的な普及見通しを表-1に示す。

表-1 2020~2030年の乗用車車種別普及見通し(民間努力ベース)

	2020年	2030年
従来車(ガソリン車)	80%以上	60~70%
次世代自動車	20%未満	30~40%
ハイブリッド車	10~15%	20~30%
電気自動車	5~10%	10~20%
燃料電池自動車	僅か	1%
クリーンディーゼル自動車	僅か	~5%

2020年時点では従来型のガソリン車が80%以上を占め、HV・EVなどの普及は20%未満と見積もられている。また、2030年時点では、次世代自動車の普及が進み、30~40%の普及を想定している。

(3) 地方都市における交通政策

つぎに、地方都市における低炭素化を目指した都市交通政策に関して整理する。地方都市である岐阜市におい

ては、自動車交通中心のまちづくりとなっている。公共交通は、路線バスを中心に構成されており、岐阜市型BRTとして図-2に示す連節バスが導入されている。



図-2 岐阜市で運行されている連節バス

岐阜市の交通機関分担率を図-3に示す。

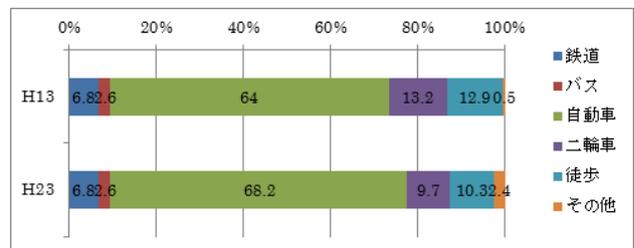


図-3 岐阜市の交通機関分担率

本図より、自動車の分担率が高いことがわかる。また、平成23年は平成13年と比較して自動車の分担率が増加し、徒歩が減少している。一方、鉄道・バスの分担率は変化していないことがわかる。

これらのことから、都市交通に関する政策の検討は、自動車に着目することが有効であると考えられる。

3. 地方都市を対象とした人工社会モデルの構築

ここでは、地方都市における交通政策を検討するために、人工社会モデルを構築する。人工社会モデルの構造について検討する。

(1) 人工社会モデルの概要

ここでは、マルチエージェントシミュレータを用いた仮想社会モデルを構築し、エージェントの意思決定による社会変化を検討する。知的情報処理において、複雑系とは、複数の構成要素をもち、エージェントが有機的に結合している全体的なシステムである。このとき、エージェントは自律性をもって行動する。また、行動の経験から学習し、次の意思決定を行う。複雑系では、創発現象が観測される。創

発現象とは、図-3 にしめすように、多数の要素がそれぞれ局所的な相互作用をすることによって、全体的な性質が生まれ、その全体的な性質が個々の要素の性質に影響を及ぼす仕組みのことである。

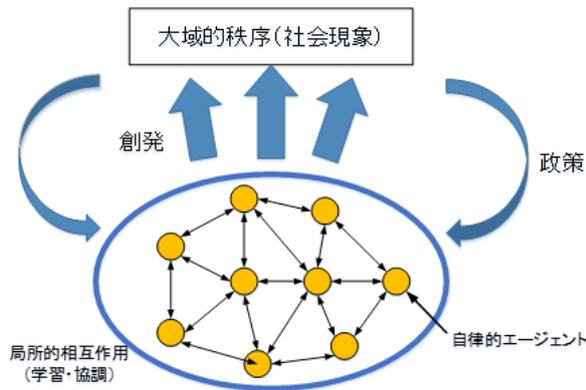


図-3 創発現象の概念

人工社会モデルによる検討は、創発現象を観測することが1つの目的である。

(2) 人工社会モデルの全体構成

つぎに、本研究で構築する人工社会モデルの全体構成を検討する。本人工社会モデルでエージェントが行う意思決定構造を図-4に示す。

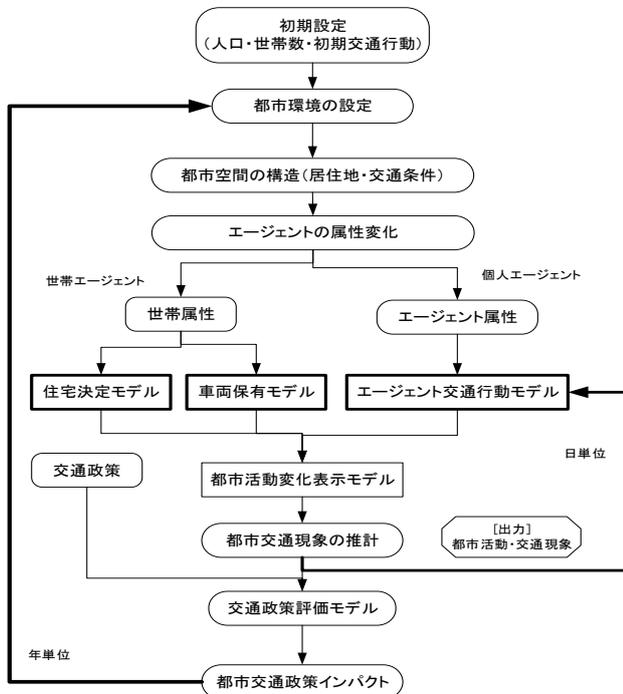


図-4 人工社会モデルの意思決定構造

エージェントが行う意思決定は①自由活動における交通手段選択 (1日単位)、②固定活動における交通手段選択 (1年単位)、③自動車の購入がある。各モデルに

おいて、エージェントは属性からそれぞれ意思決定を行い、行動が変化する。また、社会全体の人口が変化する。これらを20年間繰り返すことにより、社会変化を観測する。

(3) 車両選択モデルの構成

つぎに、車両選択モデルについて検討する。車両選択のフローを図-5に示す。

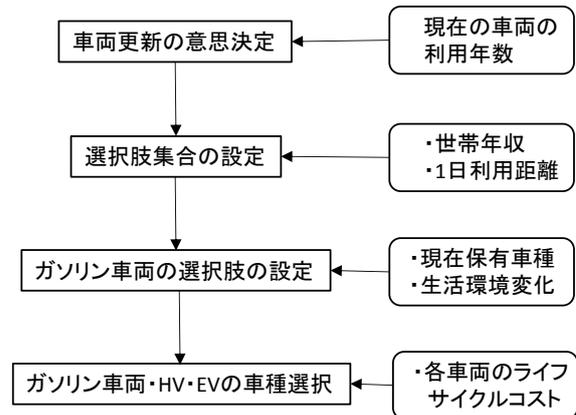


図-5 車両選択のフロー

車両選択は、4段階で検討する。はじめに、現在保有車両の利用年数から、車両更新の意思決定を行う。このとき、アンケート調査結果から、車両の買い換え確率を定義する。アンケート調査で得られた購入からの利用想定年数の分布を図-6に示す。

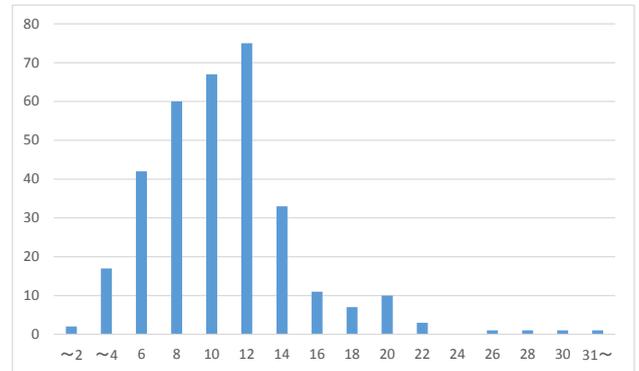


図-6 購入からの利用想定年数の分布

本図より、10~12年の想定が最も多くなっていることがわかる。また、20年以上の利用想定は少ないことがわかる。

つぎに、選択肢集合を設定する。このとき、世帯年収により、選択肢を限定するルールを設ける。本研究で設定する選択集合設定ルールを表-2に示す。ここでは、世帯年収により、比較的車両価格が高価である低炭素型車両 (HV・EV) および普通自動車を選択肢集合に含めるかを設定している。

表－2 選択肢集合設定ルール

世帯年収	車種選択肢
～400万円	軽・小型
～600万円	軽・小型・HV・EV
600万円～	軽・小型・普通・HV・EV

また、現在のEVの航続可能距離は最新モデルで220km程度であること、また現実的利用による航続可能距離は100km程度であること。このことから、1日の自動車利用距離が長い場合は、EVを選択しないと考えられる。そこで、1日あたりの平均利用距離が50kmを越える場合は、EVを選択肢集合に含めないこととする。

つぎに、ガソリン車両に関して選択肢を限定するルールを検討する。ここでは、以下に示すルールを設定する。

- 1)現在の保有車種を基本とする
 - 2)男性&現在の車の購入時以降に就職した：軽→小型
 - 3)現在の車の購入時以降に世帯人数が2人以上増加した：軽→小型、小型→普通
 - 4)男性&無職になった：普通→小型、小型→軽
- これらのルールにより、ガソリン車両の選択肢を1車種に限定する。

つぎに、ガソリン車・低炭素型車両の車種選択を実行する。このとき、車両の購入・利用コストによる比較を行う。本研究では、各車種に関して、表-3に示す費用を設定する。

表－3 各車種の費用の設定

	軽	小型	普通	HV	EV
車両購入費 (万円)	100	150	300	200	250
燃費 (円/km)	6	8	10	5	3

EVの車両購入費は、現在の水準の補助金などを差し引いた費用を想定して設定している。また、EVの燃費は、電費および関西電力の深夜電気料金を基に設定している。HV・EVは車両購入費は高価であるが、燃費は安価である。したがって、小型車と比較すると、走行距離17万km以上で、購入費用と燃料費を合わせたコストがHVの方が安価となる。また、20万km以上で、EVの方が安価となる。

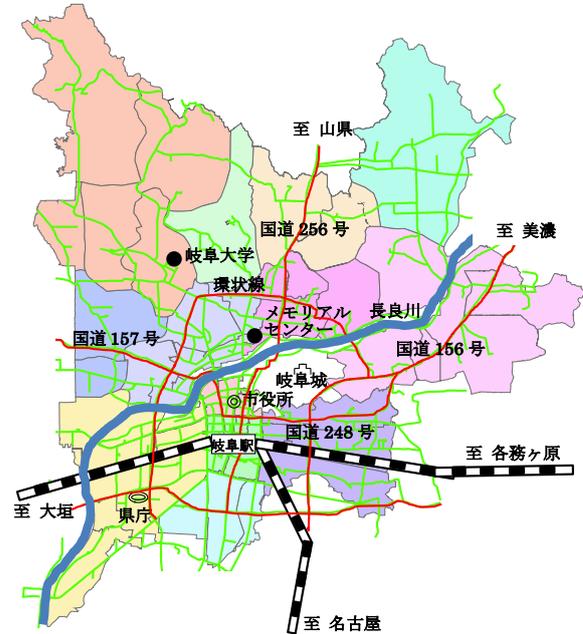
これらの車両選択に関する意思決定を人工社会モデルに組み込み、検討を行う。

4. 人工社会モデルを用いた都市交通政策の検討

本章では、人工社会モデルを用いて、経年的推移を観測するとともに、都市交通政策について検討する。

(1) 対象地域の概要

本研究では、地方都市として岐阜市を取り上げて検討する。岐阜市は、名古屋圏の中心である名古屋市からは北へ約30km、電車で最短18分の距離に位置している。岐阜市の概略図を図-7に示す。

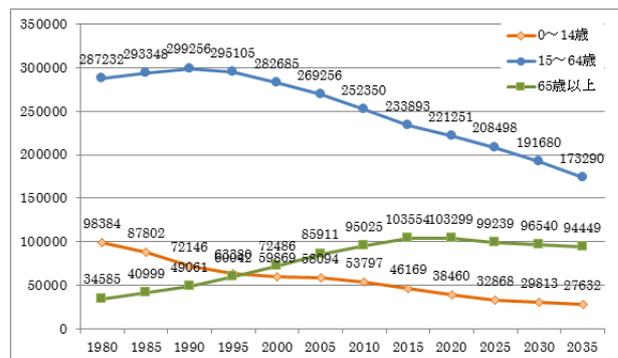


図－7 岐阜市の概略図

市の南部に JR および名鉄の路線が位置している。また、岐阜市の市域面積は20,289haである。岐阜駅北側が中心市街地となっている。また、岐阜市の人口は約42万人、世帯数は17万世帯となっている。65歳以上の高齢化率は26%である。

(2) 人工社会モデルの設定

つぎに、人工社会モデルに関する設定を行う。本人工社会モデルでは、20年間の検討を行うことから、人口の推移を考慮することが必要である。そこで、図-8に示す岐阜市の将来推計人口を用いて人口の推移を設定する。



図－8 岐阜市人口の推移と将来推計人口

各エージェントの属性は、第5回中京都市圏パーソナルトリップ調査の結果を用いて設定する。

(3) 経年的変化の観測

ここでは、人工社会モデルを用いて経年的変化を観測する。20年後のゾーン別二酸化炭素排出量および低炭素型車両の保有状況を図-9に示す。

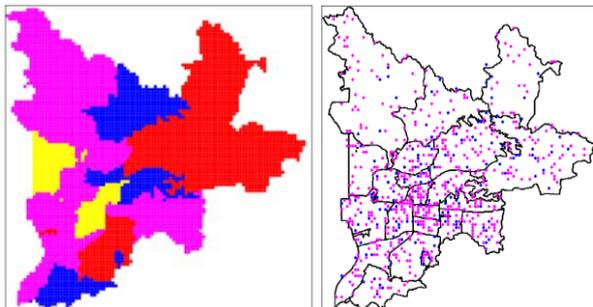


図-9 最終状態のCO₂排出量・低炭素型車両保有状況

低炭素型車両の保有状況は、赤色の点がHVを保有しているエージェント、青色の点がEVを保有しているエージェントを示す。EVと比べてHVの保有が多くなっている。また、中心市街地で密度が高くなっていることがわかる。

つぎに、車種別の自動車保有状況の経年的推移を図-10に示す。

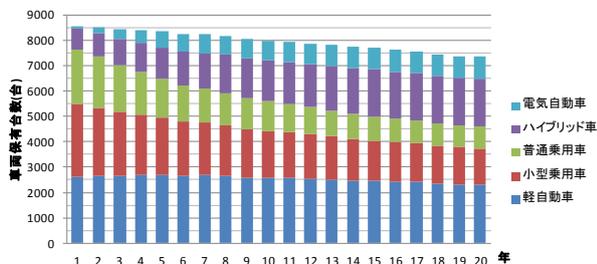


図-10 車種別保有状況の経年変化

全体として、人口減少の影響もあり、車両保有台数は減少傾向である。車種の内訳では、普通乗用車の減少が観測される。一方、HVは増加している。EVは増加傾向にあるものの、HVと比較すると普及台数は少なくなっている。これらの結果は、表-1に示す普及見通しと整合している。

5. おわりに

本研究では、地方都市の都市交通政策の検討のために

交通行動者を対象としたエージェントモデルを構築した。本研究の主要な成果を以下に示す。

- 1) 車両選択の意思決定に関してモデル化を行った。4段階での意思決定により、車種選択を行うルールを構築した。
- 2) 地方都市である岐阜市の現状を踏まえ、人工社会モデルを構築した。その結果、交通行動にともなう将来的な社会変化の観測が可能となった。
- 3) 経年的変化を観測した結果、将来的にHVの普及は進むが、EVの普及はそれ程進まないことがわかった。

最後に本研究を遂行するにあたり、岐阜市企画部交通総合政策課に多大なご協力をいただいた。この感謝の意を表する次第です。また本研究は、平成26年度環境省環境研究総合推進費(1E-1202)「街区型環境未来都市モデルの構築とこれに基づく都市政策提案」の研究成果の一部であることを付記する。

参考文献

- 1) 次世代自動車振興センター：EV等保有・生産・販売台数, <http://www.cev-pc.or.jp/>, 2014.
- 2) 日産自動車：NISSAN リーフカタログ, <http://ev.nissan.co.jp/LEAF/>, 2014.
- 3) 岐阜市：岐阜市都市計画マスタープラン, <http://www.city.gifu.lg.jp/8479.htm>, 2010.
- 4) T. Akiyama, H. Inokuchi: Multi-agent simulator in transport sector for low carbon society, The 6th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, No.391, 2012.
- 5) 日本交通政策研究会：都市環境に着目した道路交通政策の影響評価に関する研究(PL：秋山孝正), 日交研シリーズA-584, 2013.
- 6) 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.
- 7) 秋山孝正, 奥嶋政嗣：都市交通計画のためのファジィ交通手段選択モデルの構築, 日本知能情報ファジィ学会誌, Vol.19, No.2, pp.176-188, 2007.
- 8) 山影進：人工社会構築指南, 書籍工房早山, 2007.
- 9) 長谷川陽平, 秋山孝正, 井ノ口弘昭：高齢者交通に着目した地方都市のスマートモビリティに関する研究, 第33回交通工学研究発表会, No.85, 2013.
- 10) 井ノ口弘昭, 秋山孝正, 長谷川陽平：スマートシティの環境対応型車両の普及に関するモデル分析, 第49回土木計画学研究発表会研究・講演集, 2014.

(2015. 4. 24 受付)