

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：32678

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2011～2013

課題番号：23360228

研究課題名(和文) 縮退状況における都市マネジメントのための世帯マイクロシミュレーションシステム

研究課題名(英文) Development of Micro-Simulation System for Urban Management in Shrinking Urban Areas

研究代表者

宮本 和明 (miyamoto, kazuaki)

東京都市大学・都市生活学部・教授

研究者番号：90150284

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 7,200,000円、(間接経費) 2,160,000円

研究成果の概要(和文)：本研究は人口減少と世帯構成変化に起因して想定される我が国の都市圏縮退状況に対し、持続可能な都市マネジメントの意思決定を支援する都市シミュレーションツールとそれを用いた政策評価手法の開発を目的とし、人口42万人の富山市を対象として、アンケート調査で得られた世帯データをもとに世帯立地、住宅選択シミュレーションシステムを構築した。また、それを用いた住宅政策評価と効率的な政策手段選択方法を提案した。

研究成果の概要(英文)：The objective of this study is to develop urban micro-simulation and the way of policy evaluation by means of it as a tool for decision making on sustainable urban management for urban areas that are going to shrink with decreasing population and change of household structure. The micro-simulation system on future household location and housing choice has been developed based on the micro-data of households and residences gotten by the questionnaire survey conducted in Toyama which has 420 thousands of population. Furthermore, the evaluation on housing policy with the simulation as well as the way of policy measures choice has been proposed.

研究分野：工学

科研費の分科・細目：土木工学・土木計画学・交通工学

キーワード：都市モデル 土地利用モデル マイクロシミュレーション 世帯属性 縮退都市

1. 研究開始当初の背景

先進国、開発途上国問わず、世界の都市では急激な都市化が進行し、多種多様な都市問題が顕在化している。一方、多くの先進諸国においては少子高齢化が進行し、我が国においては既に人口減少が始まり、都市部においても近い将来、人口減少が不可避と考えられている。その結果、必然的に都市の縮退が想定されるが、都市拡大を前提とした従来の計画パラダイムと分析ツールには大きな限界があると言える。人口減少および年齢・世帯構成の変化を的確に捉えて、都市の縮退を前提としながらも持続可能な都市を構築するための計画策定と施策展開が要求される。

このような社会的背景のもと、都市圏の諸計画において個々の世帯を基本的な分析対象とするマイクロシミュレーションによる各種分析の必要性が極めて高まっており、欧米においてはそれが主流のアプローチとなっている。しかしながら、わが国においては、本研究組織が平成20年から22年にかけて科学研究費補助金基盤研究(B)「詳細属性を含む世帯の空間分布予測のためのマイクロシミュレーションシステム」において実施した基礎的な検討を除いてほとんど実績が無いのが実情である。

2. 研究の目的

上記背景を受けて、本研究では我が国における人口減少と年齢・世帯構成変化に起因して想定される都市圏縮退状況のもとで、持続可能な都市マネジメントのための意志決定を支援する都市圏世帯マイクロシミュレーションシステムの構築とそれをを用いた政策評価手法の開発を目的としている。なお、本研究で取り扱う世帯の詳細データを世帯マイクロデータと呼んでいる。

具体的には以下の5項目を設定している。

- (1) 社会状況変化とライフステージを考慮した世帯の準動学的選択行動モデルに基づくマイクロシミュレーションの構築
- (2) 50万人都市を想定したマイクロシミュレーションシステムの実用化
- (3) 膨大な政策手段代替案の組み合わせから効率的に最適案を求める計算方法の開発
- (4) 世帯マイクロデータに基づく都市政策手段の選択方法の開発
- (5) 富山都市圏への適用を通じた経済的施策や情報による啓発施策等を含む政策評価

3. 研究の方法

(1) 富山市アンケート調査の実施

マイクロシミュレーションシステム構築に必要なマイクロデータを取得するため、コンパクトシティ政策を実施している人口42万人規模の富山県富山市を対象にアンケート調査を実施した。そのうち特に多様な住宅地を含む平成17年合併以前の旧富山市と旧婦中町の全域を対象とした。調査時期は、2011年11月～12月であり、都市計画区域内

の1,042地区の居住世帯それぞれに対し抽出率10%として郵送調査を行った。配布数14,073世帯、回収数5,087世帯、回収率は36.2%であった。調査項目は世帯属性・現在の住宅・将来の転居計画、転居経験のある世帯には前回の住宅についても同様の内容を項目として設けている。

(2) 社会状況変化とライフステージを考慮した世帯の立地選択モデル

ここでは世帯の立地選択モデルのうち、転居発生モデルについて述べる。

アンケートデータから、持家・借家別に転居発生時期を遡って推計し、1995、2000、2005年の3つの時期を含む各5年間の転居発生モデルをロジットモデルにより構築した。世帯主年齢、世帯人数、居住年数などの世帯属性は、アンケート時点データから遡って推計しており、世帯主の変更や転入・転出は考慮していない。一方、家族の成長や居住年数などライフサイクル変化により転居行動の変化を表現するモデルとなっている。モデルは、転居/非転居のバイナリーロジットである。持家世帯の推計結果を表-1に示す。

1990年代以降の住宅政策変化の影響は大きくは見られないが、これら3期における各説明変数の転居発生に及ぼす影響は異なると考えられる。世帯主年齢のパラメータは負であるが、絶対値は1995年において他の年と比較して大きく、最近になるに従い小さくなっていく。世帯主の年齢が高ければ転居への抵抗は高まるが、その度合いは次第に薄くなっている傾向が見られる。また、延床面積のパラメータ変化からは、延床面積が狭いほど転居発生理由となる上に、その度合いは年が経つごとに大きくなっていくことを知ることができる。また、必ずしも安定していないものの、居住年数よりは築年数の方が有意な結果を得ている。築年数の増加がひとつの転居機会になっているということが確認できたと言える。世帯内の家族の加齢や住居の老朽化などをひとつの機会として転居が発生するが、その影響度は年を経るに従って変化していくことがわかった。

表1. 転居モデル推計結果(持家世帯)

	1995	2000	2005
世帯主年齢	-0.101 (-10.15)	-0.069 (-7.77)	-0.067 (-7.74)
世帯人数	-0.375 (-2.93)	-0.267 (-2.30)	-0.126 (-1.22)
築年数	0.044 (3.90)	0.001 (0.06)	0.033 (2.62)
延床面積 (m ²)	-0.006 (-4.62)	-0.008 (-6.86)	-0.014 (-11.39)
居住年数	-0.008 (-0.68)	0.016 (1.34)	0.014 (1.35)
定数項	3.443 (11.16)	3.410 (11.21)	4.519 (13.68)
尤度比	0.65	0.67	0.69

注) 上段がパラメータ、下段がt値である。比較のためt値が低いものも示してある。

(3) 富山市を対象としたマイクロシミュレーションシステムの構築

(3-1) 世帯マイクロデータの生成

本研究が対象とする世帯マイクロシミュレーションモデルの場合、各世帯には世帯収入、世帯人数、各世帯構成員の年齢、自動車保有、居住地、住宅タイプ等の多くの属性が定義されるが、シミュレーションを実行するためには、全ての世帯に対してこれらの属性を定義した初期年次データを用意する必要がある。しかし、住民基本台帳などから個人や個別世帯に関するデータを入手することは一般的に困難であり、プライバシー保護の観点からも望ましくない。最近の統計法での制限緩和においても、シミュレーションに必要な情報が得られることはほとんどない。

本研究グループでは、世帯マイクロデータの作成に関して、エージェントベースの推計手法を構築し、テスト用に作成したデータでその有効性を確認している。本研究では実際の都市へ適用するため、富山市を対象に、既存情報とアンケート調査をもとに推計を行う。その適用に際して生じる課題に対して適切な改良を行っている。

基本的な推計フローチャートを図1に示す。まず世帯構成をエージェントベースで推計する。ついで、個々の推計世帯に対して、その世帯構成に最も近いサンプル世帯の諸属性をその世帯の属性として付加する。さらに、世帯の構成員に対しても同様に最も近い個人サンプルの属性を付加する。世帯および個人の類似度距離に関しては、本研究グループが開発した「類似度距離関数」を用いる。

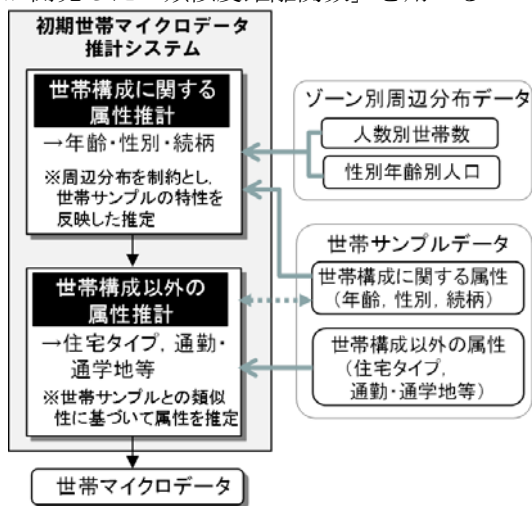


図1. 世帯マイクロデータ推計フロー

(3-2) 住宅選択シミュレーションの構築

世帯属性と住宅属性間の強い相関関係を表現し、転居する世帯の立地・住宅選択および住宅の価格形成を予測するため、世帯および住宅属性の経年的変化を考慮したエージェントベースの動的な世帯の住宅選択シミュレーションシステムの構築を行った。図2にモデルの基本構造を示す。本モデルは、多様な世帯が多様な住宅を選択する行動をモ

デル化するため、マッチング理論とオークションの概念を住宅市場に応用し。

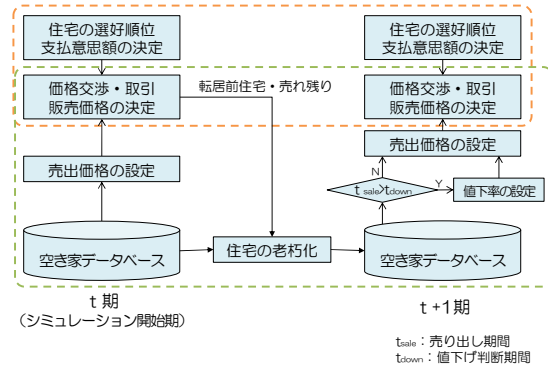


図2. 住宅選択モデルの基本構造

シミュレーションを行うための初期データベースを得るため、(3-1)で推定した世帯マイクロデータと住宅マイクロデータの統合を行う。住宅マイクロデータは、都市計画基礎調査およびゼンリンの住宅ポイントデータから作成した。世帯と住宅の統合マイクロデータは、小地域の集計クロスデータを参照値とする統計的マッチングによる距離最小化計算を行った。但し、世帯と住宅のマイクロデータの数、それぞれ約15~20万と膨大であるため、割り当てパターンの総当たり計算は困難である。そこで、遺伝的アルゴリズム(GA)を用いて計算の簡略化を行った。

世帯の住宅選択シミュレーションシステムの構築にはNetlogoというエージェントベースシミュレーションの統合開発ソフトを用いた。世帯と住宅をエージェントとみなし、世帯は12タイプに分け、タイプごとにパラメータの異なる効用関数を持ち、効用最大化行動を行っていると考えられる。世帯主年齢、世帯人数、子供の有無を世帯属性として設定し、住宅価格、建物面積、築年数、駅までの距離を住宅属性として設定した。また、エージェントの属性は経年的に変化するものとする。本研究では、世帯主年齢、築年数を変化させ、世帯主の高齢化による選好の変化、住宅の老朽化による世帯の住宅に対する効用の減少を考慮した。効用関数のパラメータは前述のアンケート調査で得られたデータをもとに、選択型コンジョイントを用いて推定した。

(4) 膨大な政策手段代替案の組み合わせから効率的に最適案を求める計算方法の開発

都市の総合計画においては多種多様な政策実施手段が存在し、その実施による効果影響範囲も多様である。今後の人口減少社会における財政状況の下では、複数政策による政策パッケージ構築の必要性がますます増大すると考えられる。例えば、高齢者の介護福祉サービスの問題では、可能な限り高齢者の都心居住を実現することで、介護福祉施設の数を最小限にし、移送サービス費用も抑えられる。しかし、高齢者の移転には、補助金支給などの策を講じなければならない。したがっ

て、介護福祉施設の配置および都心ゾーンへ移転した際に支給される補助金という2つの政策手段を決定する必要がある。この問題を高齢者介護福祉サービス問題と呼ぶ。

政策パッケージの構築に関しては、これまでに体系的な検討がほとんどなされておらず、複数の政策手段の組合せがアドホックに決定されていたに過ぎない。本研究では、都市シミュレーションモデルを用いて、提供する公共サービスの最低水準を保ちつつ、財政支出を最小化する政策手段の組合せおよびそれらの諸元を決定する方法の構築を目指した。政策手段の多様さに加えて、各政策手段の設定値も多段階であるため、必然的に候補となる政策手段パッケージの組合せ数は膨大となり、全探索による最適解の導出は困難である。また、財政支出は政策手段に対する住民の行動に基づいて算出されるが、住民の行動の決定にはマイクロシミュレーションが必要となる。そこで、マイクロシミュレーションを組み込んだハーモニーサーチにより解を探索する手法を開発した。ハーモニーサーチとは、音楽家の即興過程にヒントを得た最適解探索アルゴリズムである。高齢者介護福祉サービス問題に適用する場合の処理手順を図3に示す。

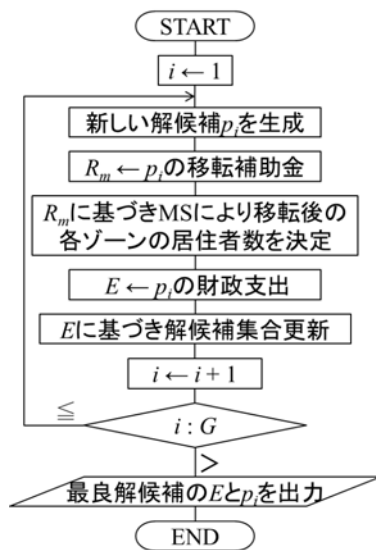


図3. 高齢者介護福祉サービス問題の解探索手順

(5) 世帯マイクロデータに基づく都市政策手段の選択方法の開発

縮退状況における都市マネジメントのための政策手段としての各種施策に対し、政策的に期待するような反応をする世帯もあれば、全く効果がない世帯も存在する。従来はそのような視点はあまり考慮されていない。

本研究では、個人のゲノム情報に基づいて治療方法を選択するオーダーメイド医療とマーケットセグメンテーションの考え方を応用して、施策効果の視点から、詳細な世帯属性である世帯マイクロデータに基づいて世帯をセグメント分割し、各セグメントに対

して効果的な政策手段を選択する方法論を構築した。世帯セグメンテーションにはデータマイニング手法である決定木を用いた。

4. 研究成果

(1) 富山市世帯マイクロデータの設定と検証

富山市を対象に図4に示す2段階のゾーンにおいて世帯マイクロデータの推計を行った。2段階目のゾーンは国勢調査の中ゾーンに基づいた82ゾーンである。

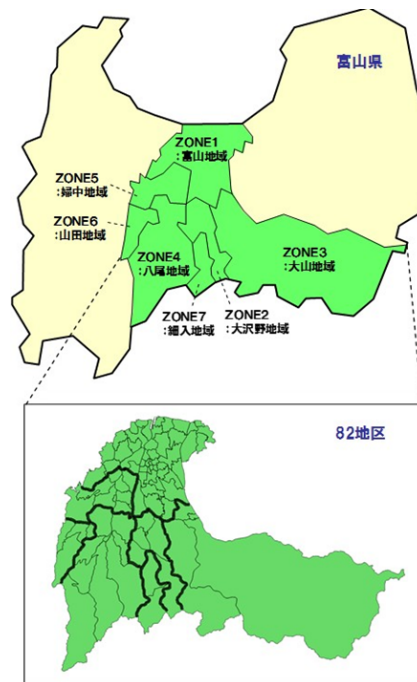


図4. 世帯マイクロデータ推計ゾーン

アンケート調査から得られたサンプルマイクロデータにより、各属性間の相関性に関するパラメータを設定し、性別年齢階層別人口、世帯人数別世帯数等をコントロールトータルとして82ゾーン別に世帯構成員属性に関する世帯属性の推定を実施した。年齢階層は18分類、世帯主との続柄は20分類を設定した。また、世帯主との続柄の組み合わせにより定義される世帯タイプは33分類である。

付加する個人属性としては、世帯構成員の就業形態、通勤・通学地、個人で使用できる車の有無を選定した。また、世帯主のみ通勤通学時の交通手段を付加するものとした。世帯属性としては、住宅タイプおよび自動車保有台数を付加するものとした。

これらの個人属性、世帯属性は、類似度距離による参照サンプルデータからの属性推計手法によって付加した。検証対象となる実データが存在しないため、推定した結果を、各ゾーンにおけるサンプル回答比率と対比することでその有効性を検討した。その結果、世帯数や人口の規模によらず、各ゾーンにおいてサンプル率とほぼ同等の比率で推計されていることが確認され、初期マイクロ世帯データとして有効であると判断している。

(2) 世帯立地シミュレーションの計算結果

シミュレーションモデルは、転居発生、住宅形態選択、住宅地選択の各モデルで構成される。アンケートデータをもとに、転居前住宅所有形態グループ別に一連の3モデルの有意なパラメータを得ており、それをを用いたシミュレーションモデルを構築した。特に、住宅地選択モデルでは、住宅所有形態変化別に自地区、隣接地区、その他地区の3区分の選択を行い、その中でも通勤時間の最短となるゾーンを選択することで、詳細なゾーン選択を表現し、世帯構成員のライフステージに応じて選択行動が変化していくモデルとした。

図5は、結果の一例である。中心部に近い公共交通沿線地区を中心に、活発な転居が期待できる一方、郊外部の転居率が相対的に低く、さらなる誘導策が望まれる。特に、小・中学生がいる世帯では、遠い地区に転居することに抵抗がある一方、30歳台以外の年齢階層や借家から持家の転居においては、遠い地区への転居は抵抗が少ないことが示された。しかし、借家から持家、持家から持家、いずれの転居においても価格負担が選択行動に影響していた。以上の結果から、経済的負担に配慮しつつ、これらのターゲット層への誘導策が有効となることが示唆される。

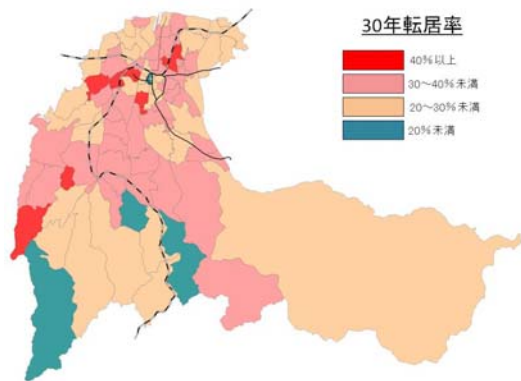


図5. シミュレーション結果(30年転居率)

なお、15万件を超えるマイクロデータの複数時点にわたる計算を効率化するため、複数のCPUで分散処理するシステムを構築している。逐次処理部分が多いという問題の影響を極力小さくするため、CPU 分担マネージャを置き、キーファクターとして世帯主および子供の年齢をとり、効率性を向上させている。

(3) 住宅選択シミュレーションの計算結果

世帯と住宅の統合マイクロデータを生成するため、中ゾーンから小地域、小地域から住宅へと2段階に分けて割り当てを行った。第一段階の割り当てでは、GAの繰返し計算数を5,000回、突然変異発生確率を30%として、第2段階では、繰返し計算数を5,000回、突然変異発生確率を10%として計算を行った。その結果、ともに3,000回付近でほぼ収束することが確認でき、5,000回計算を終えた時点でのエリート染色体を小地域および住宅

への世帯割り当てパターンとした。

生成した世帯と住宅の統合マイクロデータを初期データとして、住宅選択シミュレーションを行った。このうち、以下では富山市内の豊田地区、広田地区、奥田地区、奥田北地区の11,713世帯、13,328戸を対象としたシミュレーション結果を示す。シミュレーション期間は10年間とし、1日単位で情報を更新する。図6に現在および10年後の世帯分布のシミュレーション結果を示す。10年後には全体的に高齢世帯が増加し、若い世帯は郊外に、高齢世帯は駅の近くに立地する傾向が進行することが確認できた。

図7に駅までの時間帯ごとに空家率を比較した結果を示す。その結果、10年後には駅から離れた場所ほど空家率が高くなり、駅から遠い住宅ほど空家率が高くなっていることが確認できた。すなわち、高齢化によって、駅に近い住宅の需要が増し、駅から遠い住宅の需要が減ったためと考えられる。さらに、駅の近くのエリアに対する住宅補助(50万円/世帯)を考慮した結果、駅から近くのエリアの空き家率がさらに低下し、郊外の空き家率がより一層上昇することが確認できた。

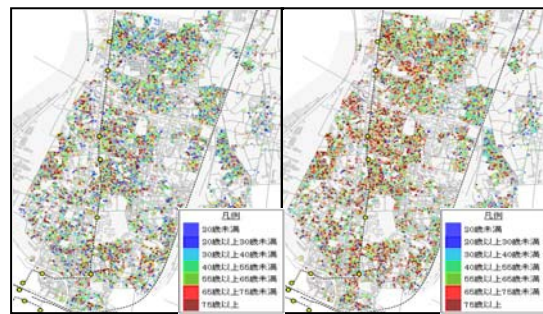


図6. 現在の世帯分布(左図)と10年後のシミュレーション結果例(右図)

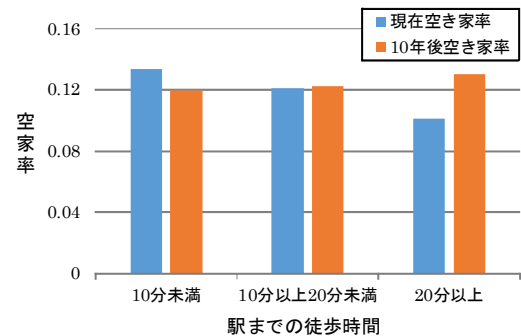


図7. 10年後の空家率予測結果の比較

(4) 最適政策手段代替案の探索結果

高齢者介護福祉サービス問題の解探索手順を適用した評価実験では、許容範囲内の処理時間で妥当な結果が得られることが示された。本方法により提示される最適政策手段パッケージは意志決定者に対して、一つの評価基準からの合理的な情報提供に過ぎないが、このことにより、従来は想定できなかった新たな代替案を提示することが可能となり、限定的な財政状況の下、都市経営の手段として一応の有用性があると考えている。

(5) 都市政策手段選択方法の適用結果

前述のアンケート調査から各世帯の過去の転居履歴が得られている。最寄り駅からの距離が 2km 以内のゾーンを駅勢圏内、2km 以上のゾーンを駅勢圏外と定義して、「内→内」「内→外」「外→内」「外→外」「転居せず」のグループを設定した。ここで、「内→外」は政策視点から見て「望ましくない住み替え」、「外→内」が「望ましい住み替え」である。アンケート調査で得られた 5,089 世帯のデータのうち、転居データに重大な欠損値がない 1,733 世帯のデータを抽出し、上記 5 グループに分類する決定木を生成した一例を図 8 に示す。



図 8. 住み替え履歴の決定木分析

このような決定木を用いて、例えば都心に転居した場合の補助金等の政策手段に対して望ましい反応が期待できる世帯を抽出することができた。その他、「内→外」転居の候補世帯をターゲットにして、アンケートから得られた「駅勢圏外への転居後に生じた問題点」等を広報することをはじめ、従来は考慮されていない新たな政策手段についても検討を行った。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文 (査読付論文のみ)] (計 6 件)

- ① K. Miyamoto, N. Sugiki, N. Otani, V. Vichiensan, “Qualitative and Quantitative Comparisons of Agent-Based and Cell-Based Synthesis Estimation Methods of Base-year Data for Land-Use Microsimulations,” S. Geertman et al. (eds.), Planning Support Systems for Sustainable Urban Development, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, pp.91-106, 2013.
- ② N. Otani, N. Sugiki, K. Miyamoto, V. Vichiensan, Optimal Coordination of Policy Instruments for a Metropolis with Decreasing Population based on Urban Microsimulations, Selected Proceedings of 13th World Conference on Transport Research Society, 2013.
- ③ Atsushi SUZUKI, Kouya ICHIKAWA, Micro-simulation of household location choice with matching based

housing market model, Selected Proceedings of the 13th World Conference on Transport Research Society, 2013

- ④ N. Sugiki, V. Vichiensan, N. Otani, K. Miyamoto, Agent-Based Household Micro-Datasets, An Estimation Method composed of Generalized Attributes with Probabilistic Distributions from Sample Data and Available Control Totals by Attribute, Asian Transport Studies, Vol. 2, Issue. 1, pp. 3-18, 2012.
- ⑤ N. Otani, N. Sugiki, V. Vichiensan, K. Miyamoto, Modifiable Attribute Cell Problem and a Method of Solution for Population Synthesis in Land-Use Microsimulation, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2302, pp. 157-163, 2012
- ⑥ N. Otani, N. Sugiki, K. Miyamoto, Goodness-of-Fit Evaluation Method for Agent-Based Household Micro-Data Sets Composed of Generalized Attributes, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2254, pp. 97-103, 2011.

[学会発表] (計 4 1 件)

※学会発表論文の全リストは、[その他]に示すホームページに掲載する。

[その他]

ホームページ:

<http://www.yc.tcu.ac.jp/~microsimul/top2nd.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮本 和明 (MIYAMOTO, Kazuaki)
東京都市大学・都市生活学部・教授
研究者番号: 90150284

(2) 研究分担者

北詰 恵一 (KITAZUME, Keiichi)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号: 50282033

(3) 研究分担者

大谷 紀子 (OTANI, Noriko)
東京都市大学・メディア情報学部・教授
研究者番号: 70328566

(4) 研究分担者

鈴木 温 (SUZUKI, Atsushi)
名城大学・理工学部・准教授
研究者番号: 00356073

(5) 研究分担者

井ノ口 弘昭 (INOKUCHI, Hiroaki)
関西大学・環境都市工学部・准教授
研究者番号: 10340655