

機関番号：32678
研究種目：基盤研究（B）
研究期間：2008～2010
課題番号：20360232
研究課題名（和文） 詳細属性情報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
研究課題名（英文） Micro-Simulation System for forecasting the distribution of households by detailed attribute
研究代表者
宮本 和明（MIYAMOTO KAZUAKI）
東京都市大学・環境情報学部・教授
研究者番号：90150284

研究成果の概要（和文）：本研究では、(1)基準年のマイクロデータの生成、(2)マイクロデータの評価方法の構築、(3)世帯と住宅のマッチングに着目した住宅市場モデルの構築、(4)世帯の行動基本要素に着目した立地選択モデルの構築、(5)マイクロシミュレーション実行のためのPC並列処理システムの構築を行うことによって、詳細な属性情報を含む世帯の空間分布予測を行うことができるマイクロシミュレーションシステムを構築することができた。

研究成果の概要（英文）：With the goal to develop a micro-simulation system for forecasting the distribution of households with detailed attribute, the following objectives have been accomplished: (1) estimation of micro-dataset for the base year, (2) evaluation of goodness-of-fit of micro-dataset, (3) development of housing market model based on matching theory, (4) development of activity based location choice model of households and (5) development of parallel computation system with personal computers.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	3,500,000	1,050,000	4,550,000
2009年度	2,000,000	600,000	2,600,000
2010年度	2,300,000	690,000	2,990,000
総計	7,800,000	2,340,000	10,140,000

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：交通計画、都市マイクロシミュレーション

1. 研究の背景

我が国はもとより世界のほとんどの国における都市化の進行と社会経済環境の急激な変化は、都市問題をより多種多様かつ複雑なものにしてきている。また、我が国では都市部においても近い将来には人口減少が不可避であり、従来は都市の拡大を前提としていた諸計画も、人口総数だけではなく年齢や世帯構成の変化を的確に捉えて行くことが不可欠であり、既存の枠にとられない時宜に即した施策展開が必要である。

2. 研究の目的

本研究の目的は、このような都市計画におけるパラダイムチェンジとも言える時代要請に的確に応えるための方法論として、都市圏を対象とした世帯および個人に関わるマイクロシミュレーションモデルシステムを構築し、その実用性を検証することである。このモデルは、いくつかの社会経済的シナリオ設定の下に、都市圏における年齢階層や属性別の人口およびその世帯構成分布を予測するためのものであり、公的機関の諸政策と民間活動がもたらす効果影響を従来のモデルよりも格段に詳細かつ的確に分析できる点に最大の特色がある。

本研究では行動主体である個々の個人および世帯に基づいてのマイクロシミュレーションモデルを構築するため、年齢、性別、家族構成等に依存する福祉や教育、文化等に関わる多様な公共サービスの他、買い物やレジャー等の私的サービスに対する需要の空間分布をも予測できるものである。

3. 研究の方法

本研究では、上記の目的を達成するため、以下に示す5つの課題を設定し、研究を遂行した。

(1) 基準年マイクロデータの生成

マイクロシミュレーションにおける基準年の世帯マイクロデータ作成に関して、エージェントベースアプローチによって総合的な属性を推定可能な手法を構築した。

(2) マイクロデータの評価方法の構築

(1)で作成した基準年マイクロデータを適切かつ効率的に評価する方法を提案した。また、遺伝的アルゴリズムを応用した効率的な計算手法を提案した。

(3) 世帯と住宅のマッチングに着目した住宅市場モデルの構築

世帯の立地選択を決定づける重要要因である住宅市場を世帯と住宅のマッチングと捉え、モデル化を行った。

(4) 世帯の行動基本要素に着目した立地選択モデルの構築

仮想的な都市を対象とした立地選択モデルによって基本的挙動を確認するとともに、マッチング理論を援用した立地選択シミュレーションを構築した。

(5) マイクロシミュレーション実行のためのPC並列処理システムの構築

複数のパーソナルコンピュータでマイクロシミュレーションを実施する際の課題と計算効率向上への方向性を整理した。

4. 研究成果

上記の5つの研究課題について、それぞれ得られた研究成果を以下にまとめる。

(1) 基準年マイクロデータの生成

周辺制約が存在する個人属性として、年齢等の連続変数である世帯構成員の年齢、質的属性として性別、世帯主との関係、世帯属性として居住地及び住居タイプ、さらに周辺制約が存在しない世帯属性として自動車保有台数および世帯収入を対象とした推計システムを構築した。

マイクロ世帯データ推定問題の前提条件としては以下を設定している。

- ・対象エージェントは世帯およびその構成員とする。
- ・対象とする世帯属性は世帯人数および世帯

構成（世帯内の世帯主との続柄の組み合わせによって定義）であり、世帯内の各世帯構成員は年齢、性別、世帯主との続柄を属性として持つ。

- ・対象地域においては、周辺制約データとして性別5歳年齢階層別の人口データおよび世帯人数別の世帯数が国勢調査より利用可能であるものとする。
- ・対象地域はゾーンに分割されており、周辺制約データとしてタイプ別住宅数、および各ゾーンの世帯数が国勢調査より利用可能であるものとする。
- ・すべての世帯の世帯構成、各世帯構成員の年齢、性別、続柄、居住ゾーン、住宅タイプ、自動車保有台数、世帯所得の情報を含む限定的な数の世帯サンプルが入手可能であるものとする。

これらの前提条件のもとで、対象地域におけるすべての世帯の世帯構成員の年齢・性別、居住ゾーン、住宅タイプ、自動車保有台数、世帯所得を推定生成することがシステムの目的であり、世帯サンプルから得られる確率に基づいて初期年次の世帯マイクロデータの推定を行った。推定システムの基本的な分析フローは以下の通りである。

- ①各段階の推定、データ生成、調整はすべてモンテカルロ法等を用いて確率的に行う。
- ②サンプルから得られる属性間の相関性（各世帯構成員の年齢）を考慮してマイクロデータの属性を決定する。
- ③周辺分布（性別5歳年齢階層別人口）に一致するように世帯構成および各世帯構成員の年齢、住宅タイプ、居住ゾーンに関して調整を行う。
- ④調整後のマイクロ世帯に、世帯主年齢、居住ゾーン、住宅タイプ等の付加された属性を含む世帯属性を説明変数として、ロジット型の選択モデルにより自動車保有台数を決定する。
- ⑤同様の世帯属性を説明変数として所得回帰式に、所得回帰式の標準誤差にボックス・ミュラー法による正規乱数を考慮して、確率的に世帯所得を決定する。

これらのシステムでは、相関する属性変数をモンテカルロシミュレーションで決定する際に、無相関変数である主成分を介して行う手法、周辺制約に対する調整手法を提案した。

次に、第4回道央都市圏パーソントリップ調査において取得された世帯構成員、住宅タイプ、居住ゾーンの詳細情報を含む19,394世帯のマイクロデータを用いて、構築された初期マイクロデータ推定手法に関するケーススタディを行った。このうち、10,000世帯をランダム抽出したデータを母集団データセットとした。母集団データは単身世帯から7人世帯までの様々な世帯構成からなり、人

口は 24,115 人分のデータである。住宅タイプは 5 タイプ（戸建持家・戸建賃貸・集合持家・集合賃貸・その他）を設定し、ゾーン設定は対象地域を 8 ゾーンに区分した。また、世帯属性に関する集計により、世帯人員別世帯数、性別年齢階層別人口、タイプ別ゾーン別住宅数に関する周辺制約データを作成した。推定対象とする属性のうち、世帯収入については、家計調査の世帯人員および世帯主年齢別年間収入十分位階級別世帯数、世帯人員別・世帯主年齢別世帯数に関する集計データを利用して、母集団データセットに付加した。

推計システムを用いて、10,000 世帯に対する各世帯の構成員属性、および世帯属性の推定を行った。母集団データセットの再現性を、固定的な年齢推定を行う既存手法との比較等により検証したところ以下のような結果が得られ、システムの有効性が検証された。

- ・世帯タイプ別に性別年齢階層別人口の再現状況を検証したところ、本手法による世帯マイクロデータの推計は母集団の構造をよく再現しており推定手法の妥当性が示された。
- ・住宅タイプ別に既存手法と提案手法の母集団からの乖離を検証したところ、平均的に簡易手法よりも提案手法の方が誤差の平均値、標準偏差ともに小さな値となっており、良好かつ安定的な結果が得られた。
- ・自動車保有台数の推定について、台数が多いほどの中率が低い傾向が見られたが、全体では 4 割以上の的中率となった。また、世帯収入の累積世帯数より、推計結果は対象マイクロデータの所得分布状況を概ね表現していることを確認した。

以上により、総合的な属性からなる初期マイクロ世帯データの推定手法が開発できたといえる。

(2) マイクロデータの評価方法の構築

マイクロシミュレーションにおける基準年マイクロデータの推定において、異なる推定手法の再現性能を比較するための評価方法として、推定データ集合の観測データ集合に対する適合度を定義した。また、実時間内の適合度算出が可能な手法を提案した。

処理対象とするマイクロデータは、個別世帯をエージェントとしており、以下に示す 7 つの属性を組み合わせたデータに関して適合度を定義した。

1. 各世帯構成員に関する属性
 - ・ 年齢
 - ・ 性別
 - ・ 世帯主との関係
2. 世帯に関する属性
 - ・ 住宅タイプ
 - ・ 居住ゾーン
 - ・ 自動車保有台数

・ 世帯所得

適合度の定義にあたり、1. に関する情報は 20 次元ベクトルで表す。また、2. のうち住宅タイプに関する情報は 2 次元ベクトルで表現し、残りはそれぞれスカラー量で表す。各属性に関するデータ間距離をそれぞれユークリッド距離、マンハッタン距離、ゾーン間時間距離、対数差、差により定義し、5 つの距離の重み付き和の最小値を適合度とする。

データ集合に含まれるデータ数、すなわち世帯数を N とすると、適合度を算出するにあたって $N!$ 組の距離和を求める必要があり、計算量爆発の問題が生じる。この問題に対処するため、遺伝的アルゴリズムの一手法である共生進化を適用することで、実時間内の算出を実現した。

評価実験ではまず、 $N=14\sim 18$ という小規模データ集合を用いて、提案手法の正確性と迅速性を検証する実験を行なった。各世帯構成員の在否および年齢をランダムに設定してデータ集合を生成し、枝刈りつき全探索と提案手法で適合度を算出した。枝刈りつき全探索とは、距離和を算出する過程で、確実に最小値をとらない組合せであることが判明した場合、以降の計算を行なわない全探索手法である。

$N=14\sim 18$ のすべてのデータ集合において、全探索と同じ適合度、すなわち正しい適合度が提案手法で得られた。各実験で計算に要した時間を表 1 に示す。全探索では N の増加とともに計算時間が急激に増加するが、提案手法では計算時間の増加は微少であることがわかる。

表 1 適合度算出時間

N	全探索[秒]	提案手法[秒]
14	0.19	3.92
15	0.83	4.24
16	2.39	4.45
17	18.22	4.81
18	121.47	4.92

次に、実データで得られる適合度を検証するための実験を行なった。道央都市圏パーソントリップ調査で得られた 4000 データを観測データ集合とし、観測データ集合の一部を加工して推定データ集合とした。各属性ごとに加工割合を変えた 3 種類の推定データ集合を作成した。

各推定データ集合に対して 5 回ずつ適合度を算出したところ、観測データからの変更割合が高くなるほど、高い適合度が算出された。また、5 回の算出における標準偏差は適合度指標値より 2~3 桁小さくなったため、適合度指標としての信頼性が確保されているといえる。例として、住宅タイプ部分を加工した推定データ集合を用いた場合に得られた適合度の平均と標準偏差を表 2 に示す。

表2 適合度

加工度合	平均	標準偏差
1/10	0.2719	0.0003
2/10	0.2758	0.0005
3/10	0.2798	0.0002

以上より、都市マイクロシミュレーションにおいて対象となるマイクロデータに対して一般的に適用可能な手法が提案できたといえる。

(3) 世帯と住宅のマッチングに着目した住宅市場モデルの構築

住宅市場モデルの構築に関しては、住宅の相対取引に着目した設計方針に基づき、住宅市場を世帯と住宅とのマッチングの問題としてモデル化し、マッチングのアルゴリズムを提案した。

本研究における住宅市場のマッチングのアルゴリズムは、Gale and Shapley(1962)が男女の結婚問題を対象として提案したアルゴリズムをもとにしている。住宅市場のモデルに応用するためには、住宅市場の特徴に合うように価格を組み込んだ形に拡張する必要がある。住宅市場におけるマッチングのアルゴリズムは、以下のように表される。

ステップ1

すべての移転世帯は購入可能な住宅の中から最も望ましい住宅に応募

ステップ2

すべての住宅供給者は購入を希望している世帯の中から最も好ましい（最も大きい付け値を提示した）世帯を選択する。しかし、住宅供給者は、より条件の良い需要者出現の可能性を残すため、この世帯を一時的にキープする。

ステップ3

購入を拒否された世帯は、まだ購入を拒否されていない購入可能な空家住宅の集合の中から最も望ましい住宅に応募。もし購入可能な住宅の集合が空ならば、今期はどの住宅への移転を取りやめる。

ステップ4

住宅供給者は選択している世帯と新しく応募を受けた世帯の中から最も好ましい世帯を選択する。

以下、第3、第4ステップを繰り返し、すべての世帯が拒否されなくなるか、転居をあきらめた段階でアルゴリズムは終了する。

上記の世帯と住宅のマッチングに着目した住宅市場モデルを、道央都市圏の世帯、住宅データに適用し、モデルの効用関数のパラメータ推定を行った。推定された効用関数から、世帯の住宅に対する選好順位および、付け値が得られる。世帯と住宅供給者の選好順

位が得られれば、上記のアルゴリズムに従って、世帯と住宅のマッチングを行うことができる。

住宅市場のモデルを用い、200世帯と200戸の住宅のマッチングシミュレーションを行った。マッチングの計算時間は、極めて短い時間で唯一の安定解に収束した。ちなみに、1000世帯×1000戸の住宅でもシミュレーションを行ってみたが、5秒以内に収束に至った。このマイクロシミュレーションのモデルによって、将来的には、数十万規模の都市を対象としたシミュレーションに適用したいと考えている。

(4) 世帯の行動基本要素に着目した立地選択モデルの構築

道央都市圏における世帯の立地選択行動をマッチング理論を用いてマイクロシミュレーションで推計した。

まず、世帯を、その世帯構成人数と世帯主年齢をもとに7分類（①単身世帯非高齢者、②単身世帯高齢者、③2人世帯高齢者無、④2人世帯高齢者有、⑤2人世帯高齢者のみ、⑥3人以上世帯高齢者無、⑦3人以上世帯高齢者有）し、高齢者のいる世帯や単身・複数人世帯の挙動を表現できることを目指した。さらに、住居・保有形態を4種類（戸建持家・戸建賃貸・集合持家・集合賃貸）に分けた。この28（7×4）分類ごとに転居発生モデルと住宅選択モデルを構築し、有意なパラメータを得た。いずれも、非集計ロジットモデルタイプの選択モデルである。そして、5年時間推移ごとの世帯構成遷移モデル後の世帯に対し、マッチング理論を援用した立地選択シミュレーションを行う。このとき、主体からゾーンへの優先順位、およびゾーンから立地主体への優先順位が必要となる。ゾーンへの優先順位は、各世帯のゾーン立地効用関数の値を用いた。立地主体への優先順位は、世帯タイプごとの平均所得データを用いている。この際、ゾーン数と比較して立地世帯数が非常に多いことから、1対1マッチングではなく、1対多マッチングに改良したモデルを用いている。

実データの存在する2005年の立地状況を2000年データを用いて推計した結果、20回シミュレーションを行って求めた推計率平均は48%となった。2000年から2030年までのシミュレーションを20回行い、322ゾーンごとの世帯数を出し分散値を算出した。分散値の最小値は0、最大値は175.64、平均値は12.75であった。このことは、計算条件によらず結果が変わらないゾーンがある一方で、平均から乖離するほどに大きなばらつきが見られるゾーンがあることを示す。すなわち、このようなゾーンでは、極端な土地利用の集積あるいは偏りが発生する可能性が

あり、都市政策のリスクマネジメントのために重要な情報を提供しているものと考えられる。なお、2000年から2030年まで5年ごとの計6回のシミュレーションの計算時間は、標準的なパーソナルコンピュータ1台を用いるという条件で、約21分であった。現段階では単純な構造であるモデルシミュレーションの時間としては比較的長時間を要しており、海外の同タイプのモデルと比較しても、長い時間である。後に示すように、並列処理化による計算時間短縮の必要性も確認できた。

(5) マイクロシミュレーション実行のためのPC並列処理システムの構築

マイクロシミュレーション型土地利用モデルは、扱うデータ量や計算量が圧倒的に多く、同時に計算時間も長くなってしまふ。CPUの処理速度開発は、近い将来、その進歩が頭うちを迎えることが予想されており、実際に政策検討を行う上で何度もシミュレーションによる検討を行うことを想定するれば、必ずしもハイエンドコンピュータに頼らずとも計算を実行できることが重要となる。このため、どのような環境でも使用可能な標準的なパーソナルコンピュータを並列処理で稼働させるのが理想的となる。

本研究では、複数のパーソナルコンピュータでマイクロシミュレーションを実施する際の特徴と計算効率向上への方向性を整理した。ここでの特徴としては、

- ①連続するプログラム単位の比較的長いプロセスが多く、ループ計算が多い
- ②データ従属性がないプロセスとあるプロセスが一定の順序で現れるが、各プロセスの計算時間は大きくばらつく。
- ③データ従属性が発生する場合、特に条件を設定しなければデータ全体にわたる。
- ④いくつかのCPU分担ルールがあり得て、それによって計算時間や並列処理可能性が大きく変わり得る。
- ⑤一連の計算プロセスが、データ状況を変えて、何度も繰り返される。

などが挙げられる。これに対し、以下のような改善の方向性が指摘できる。

- ①プログラムのループ計算部分を、並列化を目的とした複数ループに分割し、並列可能な部分を敢えてつくる作業を行う。住宅地選択モデル部分においてその効果は高いと考えられる。また、あえて複数のCPUで同じ世帯データを共有するノードスプリッティングについては有効性を確認している。
- ②多くの時間を要しているステップとして、世帯データの組み換えがあるので、誕生/死亡データ、離家データ、消滅・新設世帯データの効率的挿入を図る。一連のシミュ

レーションが終了した時に、世帯リストの組み換えを効率的に行う必要がある。

- ③世帯構成メンバーの結婚相手を探すステップはデータ全域にわたり、その従属性を高めているが、実は、結婚候補者となりうる家族が存在する世帯は限られている。CPU分担を、この基準に沿って行い、効率化を図る。同様のことが、住宅地選択においてもその選択肢集合形成過程で発生することから、これに基づいてゾーン別CPU分担を実施することで効率化を図ることができる。
- ④世帯別のCPU分担とゾーン別のCPU分担が代表的な分担方法であり、土地条件や世帯条件ごとの効率的な分担組み合わせをシミュレーションごとに変更する。
- ⑤シミュレーションは、5年ごとの計算の繰り返しであることから、1回の一連の計算の後、CPU別の律速状況を吸い上げ、それをもとに分担ルールを変えていくような動的な並列処理を実施する。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計9件)

- ① Noriko Otani, Nao Sugiki and Kazuaki Miyamoto, Goodness-of-Fit Evaluation Method for Agent-Based Household Micro-Data Sets Composed of Generalized Attributes, The 90th TRB Meeting Compendium of Papers, 査読有、2010、Web-Journal
- ② Otani, N., Sugiki, N., and Miyamoto, K., Goodness-of-Fit Evaluation Method between Two Sets of Household Micro-Data for Land-Use Microsimulation Model, Selected Proceedings of the 12th WCTR, 査読有、2010、Web-Journal
- ③ Miyamoto, K., Sugiki, N., Otani, N., and Vichiensan, V., An Agent Based Estimation Method of Household Micro-Data including Housing Information for the Base Year in Land-Use Microsimulation, Selected Proceedings of the 12th WCTR, 査読有、2010、Web-Journal
- ④ Suzuki, A., Kitazume, K. and Miyamoto, K., A Model of Individual Transactions in a Housing Market for Land-Use Micro-Simulation, Selected Proceedings of the 12th WCTR, 査読有、2010、Web-Journal
- ⑤ Kitazume, K. and Inokuchi, H., Choice Set Formation for Land-Use Micro-Simulation, Proceedings of the 12th WCTR, 査読無、2010、Web-Journal
- ⑥ 大谷紀子, 杉木直, 宮本和明, 土地利用マイクロシミュレーションにおける推定

データの共生進化に基づく評価、人工知能学会第24回全国大会論文集、査読無、2010、2D4-2、CD-ROM

- ⑦ Kazuaki MIYAMOTO, Nao SUGIKI, Keiichi KITAZUME, Atsushi SUZUKI and Varameth VICHENSAN, An Estimation Method of Household Micro-Data for the Base Year in Land-Use Micro Simulation, 11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 査読有、2009,CD-ROM
- ⑧ Keiichi KITAZUME, Hiroaki INOKUCHI, Katsumi SATO, and Kazuma YOSHIMURA, Performance of Parallel Computing for a Hypothetical Land-use Micro-simulation Model, 11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 査読有、2009,CD-ROM
- ⑨ Noriko Otani, Kazuaki MIYAMOTO and Nao SUGIKI, Goodness-of-Fit Evaluation Method between Observed and Estimated Sets of Micro-Data in Land-Use Micro-Simulation, 11th International Conference on Computers in Urban Planning and Urban Management, 査読有、2009, CD-ROM

[学会発表] (計12件)

- ① 杉木直, 宮本和明, 大谷紀子、総合的属性からなる世帯マイクロデータの推計方法、第42回土木計画学研究発表会(秋大会)、2010年11月21日、山梨大学
- ② 大谷紀子, 杉木直, 宮本和明、総合的属性からなる世帯マイクロデータ推計集合の適合度評価、第42回土木計画学研究発表会(秋大会)、2010年11月21日、山梨大学
- ③ 大谷紀子・杉木直・宮本和明、居住情報を含む世帯マイクロデータの推定集合の適合度評価、第41回土木計画学研究発表会(春大会)、2010年6月6日、名古屋工業大学
- ④ 杉木直, 宮本和明, 大谷紀子, Varameth VICHENSAN、居住属性を含む初期マイクロ世帯データの推定手法、第41回土木計画学研究発表会(春大会)、2010年6月6日、名古屋工業大学
- ⑤ 北詰恵一, 井ノ口弘昭, 村上尚、土地利用マイクロシミュレーションにおける多選択肢問題、第41回土木計画学研究発表会(春大会)、2010年6月6日、名古屋工業大学
- ⑥ 鈴木温, 北詰恵一, 宮本和明、マッチングモデルを用いた住宅市場のマイクロシミュレーション、第41回土木計画学研究発表会(春大会)、2010年6月6日、名古屋工業大学
- ⑦ 宮本和明、杉木直、土地利用マイクロシ

ミュレーションにおける初期マイクロ世帯データの推定手法、第39回土木計画学研究発表会(春大会)、平成21年6月13日、徳島大学

- ⑧ 佐藤勝美・井ノ口弘昭・吉村一馬、マイクロシミュレーション型土地利用モデルに対する並列処理の試み、第39回土木計画学研究発表会(春大会)、平成21年6月13日、徳島大学
- ⑨ 北詰恵一・吉村一馬・井ノ口弘昭、仮想都市におけるマイクロシミュレーション型土地利用モデルによる空間分布予測、第39回土木計画学研究発表会(春大会)、平成21年6月13日、徳島大学
- ⑩ 鈴木温・夫馬雄太・北詰恵一・宮本和明、土地利用マイクロシミュレーションにおける住宅の供給と相対取引のモデル化、第39回土木計画学研究発表会(春大会)、平成21年6月13日、徳島大学
- ⑪ 大谷紀子、宮本和明、杉木直、土地利用マイクロシミュレーションにおける観測マイクロデータ集合と推定集合の適合度評価、第39回土木計画学研究発表会(春大会)、平成21年6月13日、徳島大学
- ⑫ 佐藤勝美・北詰恵一・井ノ口弘昭、マイクロシミュレーション型土地利用モデルに対する並列処理の効率分析、平成21年度土木学会関西支部年次学術講演会、平成21年5月23日、神戸市立工業高等専門学校

[その他]

ホームページ等

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

6. 研究組織

(1) 研究代表者

宮本 和明 (MIYAMOTO KAZUAKI)
東京都市大学・環境情報学部・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

大谷 紀子 (OTANI NORIKO)
東京都市大学・環境情報学部・准教授
研究者番号：70328566

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

井ノ口 弘昭 (INOKUCHI HIROAKI)
関西大学・環境都市工学部・助教
研究者番号：10340655