

令和 5 年 6 月 22 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04721

研究課題名(和文) Maas時代の土地利用・交通政策評価のための都市マイクロシミュレーションの開発

研究課題名(英文) Development of Urban Micro Simulation for Evaluation of Land-use and Transportation Policy in Maas Era

研究代表者

杉木 直 (Sugiki, Nao)

豊橋技術科学大学・工学(系)研究科(研究院)・准教授

研究者番号：30322019

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：既存モデルに、世帯構成員の制約を考慮したアクティビティベース交通モデル、自動車保有と代表交通手段の選択を考慮した居住地選択モデルを組み込んで改良し、MaaS、自動運転等の新たなモビリティサービスの将来需要とそれらが都市構造に与える影響を分析・評価することが可能な都市マイクロシミュレーションを構築した。また、仙台都市圏を対象としてデータ取得・分析、モデルの構築・検証を行い、新たなモビリティサービスの交通需要や都市構造への影響に関する将来予測分析を実施した。以上により、新たなモビリティサービスの施策評価や、都市マイクロシミュレーションの施策評価分析への活用可能性の向上に資する研究成果が得られた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

本研究の成果により、将来の世帯構成の変化の下での新たなモビリティサービスへの需要予測や、自家用車を持たないライフスタイルへの移行、公共交通の利便性が高い地域への集住に与える効果など、都市構造へ与える影響の評価が可能となる。これらの評価手法により、MaaSや自動運転といった新たなモビリティサービスを、「移動の最適化」から「社会課題の解決」のステージへ移行させるための政策立案が実現することが期待される。また、世帯ベースの交通行動分析やライフスタイルの変化が立地選択に与える影響を組み込むことで、都市マイクロシミュレーションの施策評価分析への活用可能性の向上に貢献できたものと考えられる。

研究成果の概要(英文)：In this study, in order to develop an urban micro-simulation model that can analyze and evaluate the future demand for new mobility services such as MaaS and autonomous driving and their impact on the urban structure, the existing model was improved by incorporating an activity-based transport model considering household member constraints and location choice model considering car ownership and choice of representative transport modes. Furthermore, data acquisition and analysis, model construction and verification were carried out in Sendai metropolitan area, and future forecast analysis of new mobility services on transportation demand and urban structure was implemented. As a result, research results that contribute to improving the applicability of new mobility service policy evaluations and urban micro-simulation policy evaluation analysis were obtained.

研究分野：土木工学

キーワード：マイクロシミュレーション 都市モデル ライフスタイル MaaS 自動運転 居住地選択 都市構造

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

交通の利便性は都市の住みやすさを規定する重要な要因である。しかしながら、モータリゼーションの進展と人口減少・少子高齢を背景として、郊外部では公共交通の衰退、免許を手放せない高齢ドライバーによる事故の増加など、都心部では相変わらずの慢性的な渋滞といった交通問題が深刻化している。その一方で、Mobility as a Service(MaaS)や自動運転といった「新たなモビリティサービス」に関する技術開発や社会実験などが盛んに行われている。現段階では移動の最適化が主な目的であるが、自家用車を持たないライフスタイルへの変化は、居住地の選択を通じて都市構造に大きな影響を与え、「コンパクトシティ」「持続可能な都市構造」の実現等に寄与する大きな可能性を有している。

都市構造と交通の相互作用を考慮した分析手法に関する研究の歴史は古く、様々な都市モデル(土地利用-交通モデル)が開発されてきた。中でも、マイクロシミュレーション型都市モデルは、近年欧米諸国を中心として積極的なモデル開発、適用に関する研究が進められている。個人や世帯の多様な属性(高齢者、免許非保有者、子育て世帯、多世代世帯など)によって異なる都市サービス需要や交通需要の予測、ライフステージ進行に伴う個人や世帯の属性の変化の表現などの性能において、我が国の都市の計画課題に対する有用性が高い。

少子高齢化に加え、核家族化や生涯未婚者の増加による世帯の細分化が進む中で、自動車の運転ができない高齢者等が世帯構成による送迎から、新たなモビリティサービスの利用に移行すると想定される。しかし、既存の交通モデルは個人のみを対象としているため、交通行動は本質的に世帯構成に依存する交通行動の表現に限界がある。このような交通需要を推定するためには、世帯マイクロシミュレーションと統合的な「世帯構成員間の制約を考慮した交通分析手法」の開発が必要である。

また、既存の都市マイクロシミュレーション研究では、世帯ライフステージの変化やその下での居住地選択は表現可能であるが、新たなモビリティサービス実現化での自家用車を持たないライフスタイルへの移行や、公共交通の利便性が高い地域への集住に与える効果は評価できないため、ライフスタイル変化を考慮した立地分析手法の構築が必要である。

2. 研究の目的

上記の背景を踏まえ、本研究では、世帯構成員間の制約を考慮した交通分析、将来ライフスタイルの変化予測が可能な都市マイクロシミュレーションを構築し、新たなモビリティサービスの将来需要とそれらが都市構造に与える影響を分析・評価することを目的として、以下の研究開発項目に取り組んだ。

ライフスタイル変化に関する実証分析

新たなモビリティサービスによるライフスタイル変化に関する Web アンケート調査

世帯構成員の制約を考慮したアクティビティベース交通モデルの構築

居住地選択モデルの改良

モデル再現性の検証

新たなモビリティサービスの需要と都市構造に関する将来予測分析

3. 研究の方法

本研究の各研究開発項目について、それぞれ以下の方法で実施した。

(1) ライフスタイル変化に関する実証分析

2 時点(2002 年, 2017 年)において交通行動と共に住居属性や転居履歴が調査されている仙台都市圏 PT 調査データを用い、2 時点の交通行動、自動車保有、居住地選択等の変化を、世帯構成との関係性の下で実証的に分析し、ライフスタイル変化と居住地および交通手段選択の関係を把握した。

(2) 新たなモビリティサービスによるライフスタイル変化に関する Web アンケート調査

都市マイクロシミュレーションの改良に関する知見を得ることを目的として Web アンケート調査(1,500 票)を実施し、新たなモビリティサービスの導入下での自動車保有や居住地選択に関する意向を把握した。

(3) 世帯構成員の制約を考慮したアクティビティベース交通モデルの構築

世帯構成に依存する交通行動を表現するため、世帯内の自家用車利用者の有無、および送迎者の交通行動による時間制約を交通手段選択において考慮したアクティビティベース交通モデルを構築した。仙台都市圏 PT 調査よりアクティビティダイアリーデータを作成して具体的なモデルを構築し、都市マイクロシミュレーションモデルに組み込んだ。

(4) 居住地選択モデルの改良

既開発の都市マイクロシミュレーションに対して、自動車保有サブモデルを組み込むとともに、居住地モデルの説明変数として自動車保有と代表交通手段によるアクセシビリティを考慮することで、ライフスタイルとしての自動車保有と代表交通手段の選択を明示的に表現できるように改良した。Web アンケート調査によって取得されたサンプルデータを用いてモデルパラメータを推定し、具体的なモデル構築を行った。

(5) モデル再現性の検証

2015年を基準年として2020年までの5年間のシミュレーションを実行し、シミュレーション結果とPTデータや国勢調査との比較を行って、タイプ別世帯分布や交通手段構成の再現性を検証し、改良された都市マイクロシミュレーションの妥当性を確認した。

(6) 新たなモビリティサービスの需要と都市構造に関する将来予測分析

新たなモビリティサービスの導入の有無による将来予測シミュレーションを実施し、新たなモビリティサービスの将来需要算定、タイプ別の世帯分布より都市構造に与える影響を分析・評価した。

4. 研究成果

(1) ライフスタイル変化に関する実証分析

交通行動と共に住居属性や転居履歴が2時点で調査された唯一PT調査である、仙台都市圏PT調査を用いて、ライフスタイル変化と居住地および交通手段選択の関係性を分析した。使用したPT調査データは、第4回（平成14年度）の世帯票および通勤交通と居住に関する調査データ、第5回（平成29年度）の世帯票である。調査項目は実施年度によって異なるため、2時点で共通している項目を分析対象とした。

世帯属性ごとの5年以内に住替えを行った世帯の住居タイプに関する分析において、第4回では全ての世帯で戸建持家の割合が大きいが、第5回では戸建持家の割合が減少し、集合賃貸の比率が増えていることが把握された。世帯タイプごとにもみると、世帯人数が少ないほど集合賃貸、多いほど戸建持家に居住している傾向があった。また、非高齢者のみ世帯は集合賃貸、高齢者を含む世帯は戸建持家に居住している傾向が把握された。

自家用車保有状況ごとの5年以内に住替えを行った世帯の住居タイプに関する分析において、自家用車非保有世帯は集合賃貸や集合持家を選択する傾向にあり、その割合が増加していること、自家用車保有世帯は戸建持家を選択する傾向にあるが、その割合は減少しており、世帯人数が少ないほどその傾向が強くと表れていることが把握された。

(2) 新たなモビリティサービスによるライフスタイル変化に関するWebアンケート調査

新たなモビリティサービス導入による居住地選択や自動車保有に関する意向を把握することを目的に、仙台都市圏を対象としたWebアンケート調査（1,500票）を実施した。調査は2020年12月22日から23日の2日間実施され、1段階目のスクリーニングにて回収したサンプル数は1,834票、本調査にて回収したサンプル数は1,500票となった。調査項目は、個人属性、世帯属性、現在の居住属性や現居住地の選択理由、今後の転居意向に加え、新たなモビリティサービスとしてMaaS、自動運転、リモートワーク導入下での居住地選択や自動車保有意向について、直交表によって作られた4パターンの条件の内、ランダムに提示された1つの条件下で、新たなモビリティサービス導入下での外出頻度や訪問が増えると予想されるエリア、自家用車保有意向、自家用車保有台数、運転免許保有意向、日常で用いる交通手段、転居可能性、転居先の住居タイプ、転居先の居住エリア、駐車場利用意向等について回答してもらった。

集計分析とともに、二項ロジスティックモデルを用いて、新たなモビリティサービスにおける種々の条件が将来ライフスタイルの変化に与える影響を分析し、結果として、MaaSの普及により郊外に住む割合が増えるとともに免許返納の意向が高まること、自動運転の普及により戸建持家に居住する割合が増えること、自家用車保有意向はMaaSおよびリモートワークの普及により下がる傾向にあるが、自動運転の普及は影響が少ないこと等が把握された。

(3) 世帯構成員の制約を考慮したアクティビティベース交通モデルの構築

信夫ら（2020）による既存モデルをベースとして、図1に示すようなアクティビティベース交通モデルの構築を行った。本モデルでは、生活行動の種類、時間制約、交通手段を考慮しており、生活行動は固定活動（仕事、学校、病院）と自由活動（買い物、食事、社交・娯楽）に分類し、活動開始時刻（登校、入社時刻等）を時間制約とした。交通手段は自動車（普通車）、自動車（自動運転）、公共交通、徒歩に加え、世帯構成員間相互の時間制約が生じる行動である送迎についても考慮されている。まず固定活動の有無を判定し、有の場合は固定活動、固定活動前の自由活動、固定活動後の自由活動の順に、自由活動のみの方は車所有の場合、未所有の場合の自由活動を決定するこれらの個々の判定や分析対象を対象者に対して繰り返し行う構造となっている。

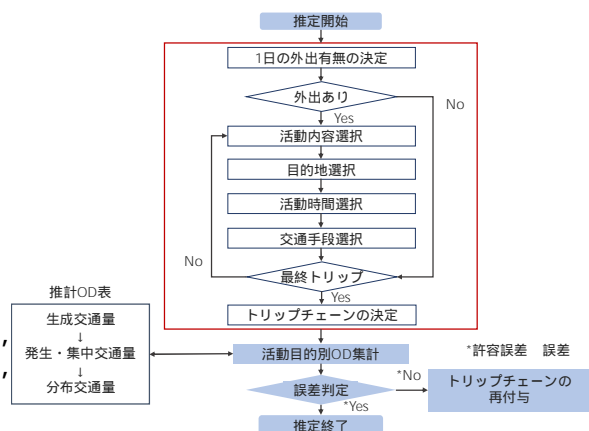


図1 アクティビティベース交通モデルの構築

(4) 居住地選択モデルの改良

本研究で構築したマイクロシミュレーション型都市モデルの構造を図2に示す。まず、新たなモビリティサービスが居住地分布に与える影響を評価するために、既存モデルに改良を加えた都市マイクロシミュレーションモデルにより個人や世帯属性の遷移や居住地分布を予測する。次に、アクティビティベース交通モデルにより、新たなモビリティサービスで変化した交通需要を世帯単位で予測する。赤字で示した「免許保有」「自家用車保有」「立地選択モデル」「交通手段選択モデル」は、新たなモビリティサービスが選択行動に多大な影響を与えると想定した項目である。シミュレーションタイムステップは1年とし、経年変化を繰り返すことで、新たなモビリティサービスに対する需要予測が可能となる。

既存モデルに対する具体的な追加、改良内容は以下のとおりである。

- ・免許保有：免許保有更新イベントでは、18歳以上の個人を対象として運転免許の取得・返納の判定を行う。発生確率は、オプション属性の付与時に作成した性別年齢別運転免許保有率より、1歳下の保有率との差分により算出する。得られた取得率・返納率に基づき、モンテカルロ法により確率的に免許保有更新を行う。新たなモビリティサービス導入下では、返納率のみ影響を受けることを仮定し、Webアンケート結果より集計した性別年齢別運転免許返納率に基づき判定する。
- ・自家用車保有：自家用車保有更新イベントでは、18歳以上の個人を対象として自家用車の購入・売却の判定を行う。発生確率は、オプション属性の付与時に作成した世帯タイプ別・性別年齢別自家用車保有率より、1歳下の保有率との差分により算出する。得られた購入率・売却率に基づき、モンテカルロ法により確率的に自家用車保有更新を行う。新たなモビリティサービス導入下では、Webアンケート結果より世帯タイプ・性別年齢別自家用車保有率を集計し、通常時と導入時の保有率の比から通常時の購入率・売却率を補正した割合を基に判定を行う。
- ・居住ゾーン選択モデル：居住地ゾーン選択モデルでは、持家戸建、持家集合、賃貸戸建、賃貸集合の4タイプごとにパラメータ推定を行い、対象地域内の全てのゾーンから1つのゾーンを選択する多項ロジットモデルとして推定を行う。ゾーン選択モデルの効用関数の説明変数として、交通条件や立地利用、地価、世帯人数、世帯主年齢等に加え、新たなモビリティサービスの導入状況を加味することで、導入時の変化を表現する。立地選択モデルでは、PT調査等のアンケート調査より得られる過去に転居を行ったデータを基に、パラメータ推定を行った。

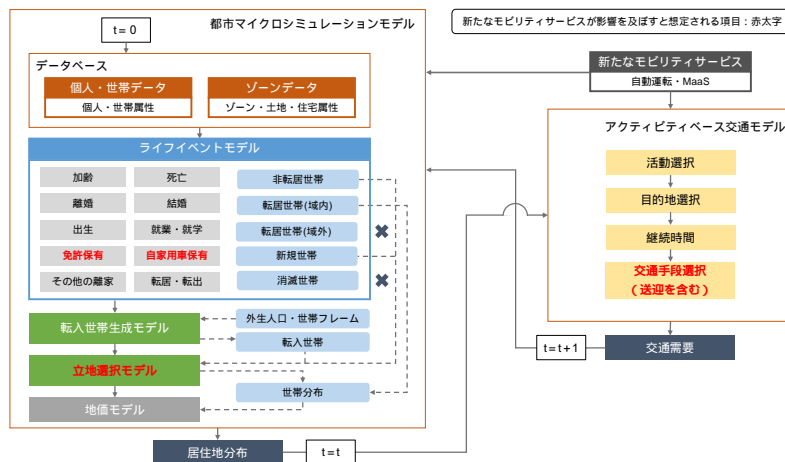


図2 マイクロシミュレーション型都市モデルの構造

(5) モデル再現性の検証

2015年を基準年として2020年までの5年間のシミュレーションを実行し、シミュレーション結果と2017年PTデータや2020年国勢調査との比較を行って、タイプ別世帯分布や交通手段構成の再現性を検証し、改良された都市マイクロシミュレーションの妥当性を確認した。仙台市以外の都市圏周辺部ではサンプル数が限定的であることを要因として、再現性が低く、地域別のパラメータ推定の必要性等の課題が残されたが、全体的にはタイプ別世帯分布や交通手段構成の再現性は高く、モデルの妥当性が確認された。

(6) 新たなモビリティサービスの需要と都市構造に関する将来予測分析

シミュレーション初期年次を2015年とし、生成した初期世帯マイクロデータを用いて、30年間の将来予測シミュレーションを実行した。新たなモビリティサービスが普及する時期を2030年から2045年と仮定し、シミュレーションタイムステップ15年目を境に、with(自動運転・MaaS有り)とwithout(自動運転・MaaS無し)に分岐することで比較分析を行った。結果として、自動運転有りケースでは郊外居住化の傾向、MaaS有りケースでは駅周辺等の公共交通利便性の高いエリアへの居住が進むことが把握された。また、自動運転・MaaSともに有りケースでは、MaaSによる駅周辺への居住が、自動運転による郊外居住により相殺され、集約効果が少なくなることが明らかとなった。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計3件（うち査読付論文 3件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 古田稜, 鈴木温	4. 巻 Vol.56, No.3
2. 論文標題 住居・業務・商業間のネットワーク構造に着目した土地利用変化のマルチエージェントシミュレーション	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 都市計画論文集	6. 最初と最後の頁 1359-1365
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.11361/journalcpj.56.1359	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Nao Sugiki, Shogo Nagao, Fumitaka Kurauchi, Mustafa Mutahari, Kojiro Matsuo	4. 巻 13, 13744
2. 論文標題 Social Dynamics Simulation Using a Multi-Layer Network	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Sustainability	6. 最初と最後の頁 1-22
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.3390/su132413744	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 阪田知彦, 鈴木温, 杉木直, 正木俊行, 田寛之	4. 巻 76
2. 論文標題 世帯を単位とした将来推計における初期世帯マイクロデータ生成の高速化	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 土木学会論文集D3 (土木計画学)	6. 最初と最後の頁 I_425 ~ I_435
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2208/jscejipm.76.5_I_425	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

〔学会発表〕 計18件（うち招待講演 0件/うち国際学会 0件）

1. 発表者名 古田稜, 鈴木温
2. 発表標題 住居・業務・商業間のネットワーク構造に着目した土地利用シミュレーション
3. 学会等名 土木学会全国大会第76回年次学術講演会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 川島直樹, 杉木直, 鈴木温, 松尾幸二郎
2. 発表標題 新たなモビリティサービス導入下でのライフスタイル変化を踏まえた都市モデルの開発
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会・秋大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Munkhbat Batzaya, 杉木直, 鈴木温, 阪田知彦, 松尾幸二郎
2. 発表標題 Application of Household Urban Micro-Simulation (HUMS) in cities of different population sizes and comparison between model parameter characteristics
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会・秋大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 阪田知彦, 鈴木温, 杉木直, 正木俊行, 田寛之
2. 発表標題 世帯単位の将来都市構造予測モデルに基づく都市構造評価Webアプリケーションの作成
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会・秋大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 古田稜, 鈴木温, 永田光希
2. 発表標題 居住者のライフステージと世帯構造に着目した土地利用変化シミュレーション
3. 学会等名 第64回土木計画学研究発表会・秋大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 中谷春貴, 杉木直, 倉内文孝, 松尾幸二郎
2. 発表標題 マルチレイヤネットワークを用いた社会ダイナミクスシミュレーションの豊橋市への適用
3. 学会等名 令和3年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 森井一, 鈴木温
2. 発表標題 Covid-19が人口移動に与えた影響に関する研究
3. 学会等名 令和3年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 古田稜, 永田光希, 鈴木温
2. 発表標題 居住者のライフステージと世帯構造に着目した土地利用シミュレーション
3. 学会等名 令和3年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 佐治宏尚, 北詰恵一
2. 発表標題 MaaSの効果を反映した住宅立地選択行動モデルによる土地利用分布変化分析
3. 学会等名 2022年度土木学会関西支部年次学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 Batzaya MUNKBAT, Nao SUGIKI, Shogo NAGAO, Kojiro MATSUO
2. 発表標題 Evaluation of Residential Guided Area Setting Using Urban Household Micro-Simulation Model
3. 学会等名 土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井悠太, 北詰恵一
2. 発表標題 仙台都市圏における高齢世帯の立地動向分析
3. 学会等名 土木学会全国大会第75回年次学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Batzaya MUNKBAT, 杉木直, 長尾将吾, 松尾幸二郎
2. 発表標題 オープンデータを用いたマイクロシミュレーション型都市モデルによる都市政策の評価
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 阪田知彦, 鈴木温, 杉木直, 正木俊行, 田寛之
2. 発表標題 200万人都市を対象とした初期世帯マイクロデータ生成の試行
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎大嗣, 杉木直, 宮本和明, 松尾幸二郎
2. 発表標題 仙台都市圏を対象としたマイクロシミュレーション型都市モデルによる将来人口分布予測及び交通政策の評価
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 長尾将吾, 杉木直, 倉内文孝, 松尾幸二郎
2. 発表標題 マルチレイヤネットワークを用いた社会ダイナミクスモデルのシミュレーション
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 松井悠太, 北詰恵一
2. 発表標題 個人単位の離家・転居行動を踏まえた立地選択のモデリング
3. 学会等名 第62回土木計画学研究発表会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 川島直樹, 杉木直, 鈴木温, 松尾幸二郎
2. 発表標題 新たなモビリティサービスによるライフスタイル変化に関する研究
3. 学会等名 令和2年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 西島佑輝也, 杉木直, 松尾幸二郎
2. 発表標題 居住誘導政策評価のためのマイクロシミュレーション型都市モデルの改良と適用
3. 学会等名 令和2年度土木学会中部支部研究発表会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<p>都市マイクロシミュレーションに関する研究 https://sites.google.com/site/microsimulationurbanmodel/</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	鈴木 温 (Suzuki Atsushi) (00356073)	名城大学・理工学部・教授 (33919)	
研究分担者	北詰 恵一 (Kitazume Keiichi) (50282033)	関西大学・環境都市工学部・教授 (34416)	
研究分担者	宮本 和明 (Miyamoto Kazuaki) (90150284)	東京都市大学・都市生活学部・教授 (32678)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------