

令和元年6月6日現在

機関番号：16101

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K06540

研究課題名(和文) 社会的相互作用を考慮した持続可能な都市構造と交通システムの評価に関する研究

研究課題名(英文) Evaluation of sustainable urban structure and transportation system considering social interaction

研究代表者

奥嶋 政嗣 (OKUSHIMA, Masashi)

徳島大学・大学院社会産業理工学研究部(理工学域)・准教授

研究者番号：20345797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：環境的に持続可能な都市構造と交通システムの実現を目指し、地方都市圏における立地誘導と交通政策について、社会的相互作用を考慮した評価を可能とすることを目的とした。その成果として、1)健康意識と自動車利用抑制意向の関係を検証した。2)個人の異質性を考慮してEV保有促進効果を把握した。3)住宅立地では、地価、交通利便性だけでなく、地域愛着の影響が明確となった。4)公共交通の利用可能性による外出頻度への影響を明らかにした。5)保有車両更新および交通手段変更を含む交通行動シミュレータに、居住地選択モデルを組み合わせ、シミュレータを構成した。6)立地誘導および交通政策からなるシナリオを評価可能とした。

研究成果の学術的意義や社会的意義

都市活動者の意思決定過程として、立地誘導政策に対応した居住地選択モデルと都市交通政策に対応した保有車種更新モデルおよび交通行動モデルを構築することで、居住地、保有車種および自動車利用の相互関係を考慮して、段階的な都市政策シナリオの評価が可能となっている。これにより、多様な主体の複雑な相互作用を考慮して、立地誘導および交通政策からなる都市政策シナリオについて、温室効果ガス排出量の削減に加えて、生活利便性、災害リスク、健康寿命など持続可能性に関する観点から総合的な評価を可能としている。

研究成果の概要(英文)：Aiming to realize an environmentally sustainable urban structure and transportation system, the location guidance and transport policy in a regional urban area can be evaluated in consideration of social interaction.

As a result, [1] the relationship between health awareness and intention to refrain from using cars was verified. [2] The effect of promoting EV choice can be estimated in consideration of individual heterogeneity. [3] In the housing location, the influence of the affection to the area was clarified as well as the neighboring land value and the traffic convenience. [4] The influence of the availability of public transport on the frequency of going out was clarified. [5] The simulator has been constructed by combining the residence choice model with the travel behavior simulator including the vehicle choice model and the transport mode choice model. [6] The scenario consisting of location guidance and transport policy can be evaluated.

研究分野：土木計画学

キーワード：マルチエージェントシステム 交通シミュレーション 温室効果ガス 居住地選択 モビリティ 環境  
意識 健康意識 電気自動車

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

(1) 環境的に持続可能な交通システム（EST）の実現のためには、自動車技術革新による排出抑制だけでなく、過度な自動車利用の抑制が課題である。このため EST の基本的考え方、交通政策および支援制度、効果計測方法、先進事例などが整理されている。このなかでバックキャストリングによる段階的な目標設定に対応した具体的シナリオ策定の重要性が唱えられている。

(2) 既往研究における研究成果として、環境意識および通勤交通手段転換意向についての調査結果に基づいて、階層ベイズ型二項ロジットモデルの枠組みを適用することで、温室効果ガス排出削減に向けた交通政策に対する交通行動者の意思決定構造をモデル化し、「個人の異質性」および「社会的同調効果」が交通手段転換意向へ与える影響を定量的に把握している。

(3) EV・PHV のようなクリーンエネルギー車両（CEV）への更新に関して、環境意識を要因として CEV 保有意向モデルを記述するとともに、社会的同調性としての「局所的相互作用」の効果がフィードバックされるフレームをもつ MA シミュレーションを構成している。

(4) 複雑ネットワークに関する諸研究の知見に基づいて社会的ネットワークモデルを構成するとともに、「マルチエージェント型ネットワーク交通行動シミュレーション」と統合することで、局所的相互作用の影響による交通行動者の意識・選好の変遷を考慮して、自動車利用抑制と低排出車両への更新の両面から都市交通政策の評価を可能としている。

(5) 生活習慣病の予防を目指して、健康に配慮した生活行動を促進する必要性が唱えられ、自転車・徒歩による移動で身体活動量を向上させるための健康意識に配慮したモビリティマネジメントなどの行動変容介入の研究が進められている。

(6) 我が国では多くの甚大な災害が発生しており、災害に強いまちづくりが求められている。中長期的には、都市により交通機関・人口分布・災害リスクなど重視すべき観点が異なり、それぞれの都市に適した持続可能な都市構造に再編していく必要がある。

(7) 地方都市での人口減少および少子高齢化の進展が想定され、居住・生活を支える機能の誘導によるコンパクトなまちづくりと地域交通の再編との連携により、コンパクトシティ+ネットワークのまちづくりを進める立地適正化計画制度が設けられるなど、時間軸をもったアクションプランとして運用する立地誘導政策と都市交通政策の連携の重要性が着目されている。

(8) 人口減少時代における都市・地域の計画策定を持続可能性に配慮しながら合理的かつ民主的に合意形成を進めるためのプランニングシステムとして、環境、経済および社会の三面から総合的に評価する包括的アプローチである持続可能性アセスメントが提案されている。

### 2. 研究の目的

(1) 持続可能な都市構造の実現に向けた段階的な都市政策シナリオを評価するために、温室効果ガス排出量の削減に加えて、生活利便性の向上、災害リスクの低減、健康寿命の増長などの評価の観点を整理するとともに、対象都市圏における各種の都市政策シナリオについて地方都市圏の持続可能性についての総合的な評価方法を構築する。

(2) 経済的インセンティブ政策と「公共交通サービス水準および自転車利用環境の向上」政策の組み合わせについて、温室効果ガス排出削減効果を推計可能とする。さらに、環境意識および健康意識に着目したモビリティマネジメントに関して、環境意識および健康意識の局所的相互作用を考慮した効果推計を可能とする。

(3) EV・PHV のようなクリーンエネルギー車両（CEV）への更新に関して、経済的インセンティブ政策に加え、車両性能向上などの動向も含めたシナリオに対する普及促進状況を推計可能とするために、「個人の異質性」と普及状況の時間推移に対応した「社会的同調効果」を考慮して、CEV 保有に関する意思決定構造を解明する。

(4) 都市構造の変遷に関して、災害リスクの高いエリアでの土地利用規制、都市拠点周辺への立地誘導のための都市施設整備、都市空間整備および公共交通システム整備などの都市政策による世帯分布（人口分布）の変遷を推計可能とするために、勤務地との位置関係、家族との同居などを考慮して、地方都市圏における居住地選択に関わる意思決定構造を解明する。

(5) 中長期的な観点から対象都市圏における都市構造の変遷を促す立地誘導政策と、都市構造に応じた持続可能性を向上させるための都市交通政策を組み合わせた段階的な都市政策シナリオを構成する。構成した都市政策シナリオについて、持続可能性についての総合的な評価を可能とする。

### 3. 研究の方法

(1) 持続可能な都市構造の実現に向けた段階的な都市政策シナリオについて、長期間を対象として総合的に評価するために、「持続可能性アセスメント」および「災害に強いまちづくり」などに関する既存研究のレビューに基づいて、温室効果ガス排出量の削減、生活利便性の向上、災害リスクの低減、健康寿命の増長などの評価の基本的な観点を整理して、それぞれの観点に関わる時間軸を考慮した評価指標とその基本的な計測方法を明確にする。

(2) 災害リスクの低い都市拠点周辺への立地誘導のための土地利用規制、都市施設整備などの「立地誘導政策」と、経済的インセンティブ政策、低排出車両の普及促進、公共交通システム整備および自転車空間整備などの「都市交通政策」の相互補完的な役割を理論的に整理する。

(3) 環境意識および健康意識に着目したアンケート調査結果に基づいて、生活習慣、生活時間、ストレスの現状および交通手段転換意向を把握するとともに、個々の身体活動量を計測する。日常的な身体活動が十分でない自動車通勤者を対象とし、生活時間の制約を考慮して、健康のために自動車利用を控えて自転車・徒歩利用を促進する要因を特定する。

(4) 車両更新過程に関して、クリーンエネルギー車両の普及について、課金システムの設定などとの関係にも対応した世帯保有車両更新モデルを構成する。このとき、アンケート調査結果に基づいて、世帯属性、世帯での現有車両とその燃費、自動車利用状況、環境意識および社会的相互作用を考慮してモデルを構築する。

(5) マルチエージェント型ネットワーク交通行動シミュレータを適用し、現状に対する無政策での交通状況とその経年的な推移を推計する。この推計結果に基づいて、時間軸を考慮した各種評価指標を算定し、現状のまま推移した場合の持続可能性に関わる問題点を明確にする。

(6) 対象都市圏における新築住居の居住者を対象としたアンケート調査に基づいて、居住地選択に関わる地価を含む各種要因を特定するとともに、勤務地・学校などとの位置関係に加えて、家族との近居、近隣世帯との同質性などの社会的相互作用の影響を把握する。

(7) 生活環境、交通利便性、災害リスクなどを要因とし、世帯構成および家族との近居を含む社会的相互作用を考慮した居住地選択モデルを構築する。また、持続可能性評価に関して、各時点での人口分布および交通行動結果および各種交通指標の推移から、温室効果ガス排出量の削減、生活利便性の向上、災害リスクの低減などの持続可能性評価指標を算出可能とする。

(8) マルチエージェント型ネットワーク交通行動シミュレータの基本システムについて、道路交通流モデル、確率的経路選択モデルなどの機能の精緻化を図り、現実の道路網における現況再現性を十分に確保できることを検証する。また、シミュレータを適用し、時間軸を考慮した各種評価指標を算定し、現状のまま推移した場合の持続可能性に関わる問題点を明確にする。

(9) 対象都市圏における健康活動に関するアンケート調査結果に基づいて、徒歩移動時間、自転車移動時間、運動時間について、一般化線形モデルを適用し、それぞれの身体活動量に関わる要因を特定する。また、交通手段の利用可能性を考慮したアクセシビリティの計測方法を提案し、地域差だけでなく個人差を表現可能とする。

(10) 転居経験者および転居予定者を対象としたアンケート調査に基づいて、居住地選択に関わる地価を含む各種要因を特定し、居住地選択モデルを構築する。一方、個人のモビリティの計測方法として交通手段の利用可能性を考慮したアクセシビリティを提案し、外出頻度との関係を検証し、その影響を明確にする。

(11) 公共交通ネットワークにおける利用経路および代替経路のサービス水準を効率的に算定する方法を考案し、乗車時間、乗換回数と料金の重共線性を考慮して、経路選択モデルを構築する。また、公共交通サービス水準向上と課金政策を適用した場合での持続可能性の向上効果を評価する。

(12) 持続可能性評価に関して、温室効果削減効果が高く、かつ、災害リスクの低い地域への立地誘導に向けて、災害リスク情報提供、土地利用規制、都市施設整備などの立地誘導政策を検討し、都市交通政策と組み合わせた都市政策シナリオを構成する。

(13) 保有車両更新モデル、社会的ネットワークモデルおよび交通手段変更モデルを含むネットワーク交通行動シミュレータに、構築した居住地選択モデルおよび持続可能性評価モデルを組み合わせて、マルチエージェント型都市活動シミュレータを構成する。これにより、立地誘導政策および都市交通政策からなる段階的な都市政策シナリオを評価可能とする。

#### 4. 研究成果

(1) 通勤交通手段転換の促進のための情報提供実験を意図したアンケート調査により、健康および環境に関する組み合わせ情報提示による転換意向の形成効果を把握した。その結果、疾患リスク、身体活動量および地球環境問題についての情報を組み合わせて提供することにより、自動車利用を控える意向を形成する可能性が高まることがわかった。

一方、健康活動に関する意向調査データに基づいて、健康意識、運動意向、生活満足度などの諸要因と自動車利用抑制意向の関係を共分散構造分析により検証した。潜在要因間の関係を図1に示す。潜在要因間の関係の推定結果から、①生活時間の満足度がストレスに影響を与えていること、②ストレスに応じて健康的な外出および健康的な食生活が低下すること、③健康意識が運動意向に関わっており、健康的な食生活とともに運動意向が運動活動に反映すること、④健康的な外出はストレスから負の影響を受けるだけでなく、運動意向に応じて高くなること、⑤健康的な外出が環境意識とともに自動車利用抑制意向の形成につながることを検証された。

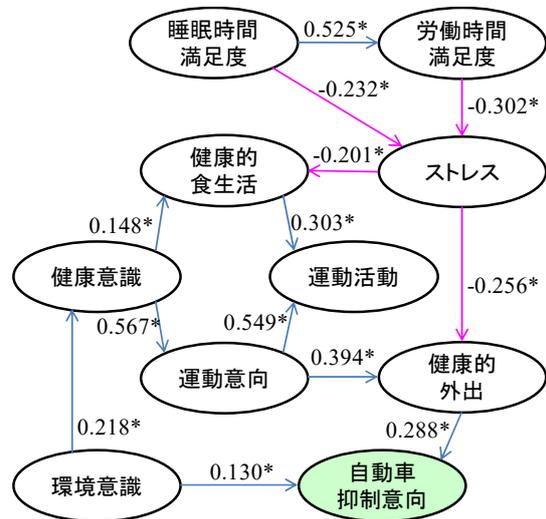


図1 自動車利用抑制に関わる意識構造

(2) CEV普及促進策によるCEVへの車両更新についての意思決定構造の記述のため、階層ベイズ型二項ロジットモデルの枠組みを適用して、CEV保有選択モデルを構築した。ベイズ推定の結果として、CEV保有選択要因の係数と、サンプルの各種属性との関係を表す階層モデルの推定結果を表1に示す。たとえば、環境税支払額の係数に対して、休日利用距離は負の影響を与えており、休日の利用では環境税の支払いに対する抵抗が弱まる傾向がみられる。社会的同調を表す局所CEV保有率の係数パラメータ推定値の事後分布については、正の領域の分布が多数ではあるが負の領域にも分布がみられ、CEV保有に関する社会的同調性は個人により異なり、正負両方の影響があることがわかった。これにより、個人の異質性を考慮して、CEV普及促進策および社会的同調性に関するCEV保有意向への影響についての表現できた。

表1 CEV保有選択モデルにおける係数パラメータ期待値の推定結果

	上位階層	下位階層における説明変数の係数パラメータ期待値							
	係数期待値	休日利用距離[km]	多人数世帯	軽自動車保有	中年男性	中高年男性	中高年女性	排出削減意識なし	定数項
定数項	-4.01E+00	-1.66E-01	1.70E-01	-2.10E-01	4.85E-01	4.77E-01	-4.96E-01	4.84E-01	9.47E-03
車体価格差[万円]	2.62E-01	2.46E-02	-1.53E-02	2.84E-02	-5.66E-03	-6.76E-03	-1.09E-03	2.71E-02	-7.73E-03
環境税支払額[円/月]	4.61E-02	-2.10E-02	-1.16E-03	-2.26E-03	3.40E-04	-7.52E-03	6.36E-03	-5.96E-03	-9.60E-04
航続距離向上[km]	8.13E-02	9.80E-03	4.30E-04	6.64E-03	2.21E-02	2.38E-02	1.88E-02	2.76E-02	1.84E-02
局所CEV保有率	2.45E-01	6.08E-03	4.20E-02	2.64E-03	-1.02E-02	-1.34E-02	1.17E-02	9.82E-03	-2.82E-03
CEV多様化ダミー	6.74E+00	2.60E-01	3.41E-01	4.08E-02	2.99E-01	3.75E-01	1.79E-01	-3.00E-01	-1.40E-02
ログサム値	5.11E-01	7.77E-02	-7.83E-02	-1.63E-01	-5.38E-02	-1.84E-02	-1.12E-01	9.45E-02	-1.64E-02

(3) 対象都市圏において、新築された戸建住宅の居住世帯を対象としたアンケート調査結果を用いて、新築戸建住宅立地の実態を把握するとともに、立地要因を特定した。そのために、前住居付近の立地ではなく、現住居を選択した要因を把握することを前提に、住宅立地に関する二項選択ロジットモデルを構築する。居住地環境評価モデルについて各説明変数の係数パラメータの推定結果を表2に示す。特に、津波災害などの災害リスクに加えて、家族との近居およびまちへの想い（地域心象）に着目した。対象都市圏での新築戸建住宅立地では、近隣公示地価、居室数、交通利便性だけでなく、地域への愛着が影響していることが明確となった。また、東日本大震災前後での意思決定時期による立地の差異として、震災前には自動車アクセスを前提とした近居が考慮されていたが、震災後では最大想定津波浸水深などの災害リスクの回避を重視する傾向が明確であることがわかった。

表2 居住地環境評価モデルの推定結果

		推定値	t値
共通	近隣公示地価(万円/m <sup>2</sup> )	-0.582	-3.41 **
	居室数	0.838	5.49 **
	公共施設への時間の満足度	1.884	3.56 **
	買物施設への時間の満足度	0.917	2.24 *
	地域への愛着	1.101	4.54 **
震災前	緑地環境の満足度	1.622	3.29 **
	近居(自動車で30分以内)	5.389	2.88 **
	地域への郷愁	-1.263	-3.13 **
震災後	静けさの満足度	0.679	2.47 *
	最大想定津波浸水深(m)	-0.458	-2.06 *
	洪水に関する安心度	0.947	3.16 **
	地域でのコミュニケーション	-0.974	-3.71 **

\*\*：1%有意，\*：5%有意，.：10%有意

(4) 公共交通不便地域におけるモビリティの現状として、交通手段別のアクセシビリティと各交通手段の利用可能性について分析するとともに、利用可能性を考慮したアクセシビリティが外出頻度に与える影響について分析した。アクセシビリティに関しては、アクセス時間についてワイブル回帰モデルを適用することの妥当性が検証された。利用可能性を考慮したアクセシビリティと外出頻度の関係を検証した。外出頻度モデルについて各説明変数の係数パラメータの推定結果を表3に示す。これより、自動車のみならず公共交通の利用可能アクセシビリティによる外出頻度への影響を明らかにした。

表3 外出頻度モデルの推定結果

説明要因	推定値	t値
就業者	-0.684	-5.61 *
自動車利用可能アクセシビリティ	0.114	2.69 *
二輪利用可能アクセシビリティ	0.025	0.20
公共交通利用可能アクセシビリティ	4.336	2.93 *
徒歩利用可能アクセシビリティ	-0.631	-0.69
年数日   月1日	-3.524	-14.34 *
月1日   月2~3日	-2.582	-13.15 *
月2~3日   週1~2日	-1.315	-7.79 *
週1~2日   週3~4日	0.368	2.27 *
週3~4日   週5日以上	1.930	10.94 *

(5) マルチエージェント型ネットワーク交通行動シミュレータの全体構成を図2に示す。通勤交通手段転換プロセス、車両保有プロセス、社会的相互作用プロセス、温室効果ガス排出量推計プロセスおよび道路交通プロセスを含むシステムを構成している。局所的な社会的同調性を要因とした階層ベイズ型選択モデルに関して、その具体的な社会的相互作用の波及過程を明示的に表現することが可能となっている。また、交通政策による通勤交通手段転換についての意思決定構造の記述のために階層ベイズ型二項ロジットモデルを再構成した。

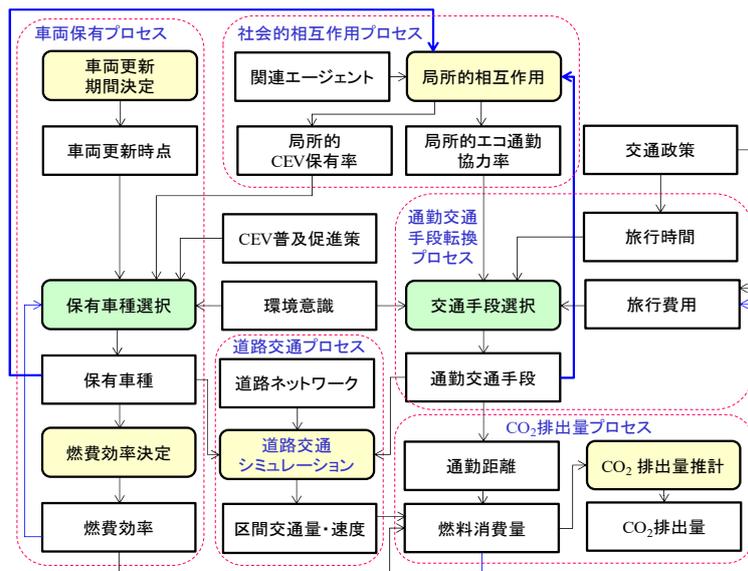


図2 MA ネットワーク交通行動シミュレータの構成

(6) マルチエージェント型ネットワーク交通行動シミュレータに、構築した居住地選択モデルを組み合わせ、マルチエージェント型都市活動シミュレータを構成した。これにより、立地誘導政策および都市交通政策からなる段階的な都市政策シナリオを評価可能となった。温室効果削減効果が高く、かつ、災害リスクの低い地域への立地誘導に向けて、都市拠点部近隣に居住人口の集中を図る立地適正化シナリオを構成した。立地適正化シナリオに加えて、交通政策としての環境税課金による自動車からの二酸化炭素排出量削減効果を推計した。最終時点での二酸化炭素排出削減率を図3に示す。推計結果より、環境税課金によりEV保有の促進効果はみられる。立地適正化により二酸化炭素排出量削減効果が高まるが、十分ではないため、交通政策の組み合わせの必要性が示唆される。

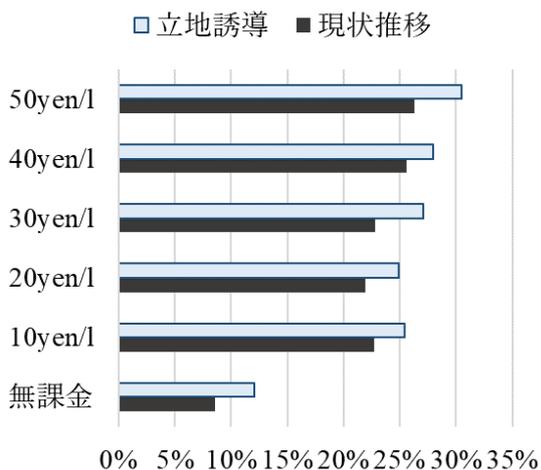


図3 二酸化炭素排出量削減率

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 7 件)

- ① 近藤雄介, 奥嶋政嗣: 地方都市における公共交通不便地域でのモビリティに関する分析- 徳島市域を対象とした事例的研究-, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 74, No. 5, pp. 1179-1186, 2019, 査読有. (DOI: 10.2208/jscejpm.74.I\_1179)

- ② 沼田秀樹, 奥嶋政嗣 : 京阪神都市圏鉄道ネットワークにおける経路選択に関する分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 74, No. 5, 919-924, 2019, 査読有.  
(DOI: 10.2208/jscejpm.74.I\_919)
- ③ Masashi Okushima : Integrated Network Transport Simulator to Evaluate Transport Policy for Reduction of Carbon Dioxide Emission, Transportation Research Procedia, Vol. 34, No. 1, 283-290, 2018, 査読有. (DOI: 10.1016/j.trpro.2018.11.043)
- ④ Masashi Okushima : Social Simulation of Promoting Electric Vehicles for Evaluation of Policies in Local City, Proceeding of Joint 10th the International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Intelligent Systems, 298-303, 2018, 査読有. (DOI: 10.1109/SCIS-ISIS.2018.00059)
- ⑤ 奥嶋政嗣, 多久和岬, 近藤光男 : 健康および環境に関する情報組み合わせ提示による通勤交通手段転換意向形成についての分析, 土木学会論文集 D3(土木計画学), Vol. 73, No. 5, 1129-1137, 2017, 査読有. (DOI: 10.2208/jscejpm.73.I\_1129)
- ⑥ 奥嶋政嗣 : クリーンエネルギー車両普及促進に関するマルチエージェントシミュレーション, 知能と情報, Vol. 28, No. 5, 846-854, 2016, 査読有.  
(DOI: 10.3156/jsoft.28.846)
- ⑦ Masashi Okushima : Multi-Agent Simulation of Commuting Modal Shift Considering with Health Conscious, Proceeding of Joint 8th the International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Intelligent Systems, 472-477, 2016, 査読有. (DOI: 10.1109/SCIS-ISIS.2016.0106)

[学会発表] (計 8 件)

- ① Masashi Okushima : Integrated Network Transport Simulator to Evaluate Transport Policy for Reduction of Carbon Dioxide Emission, International Symposium of Transport Simulation and the International Workshop on Traffic Data Collection and its Standardization, 2018.
- ② Masashi Okushima : Social Simulation of Promoting Electric Vehicles for Evaluation of Policies in Local City, Joint 10th the International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 19th International Symposium on Intelligent Systems, 2018.
- ③ Masashi Okushima : Multi-Agent Simulation of Promoting Clean Energy Vehicle for Evaluation of Policies, Joint 17th World Congress of International Fuzzy Systems Association and 9th International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems, 2017.
- ④ 奥嶋政嗣: 地方都市における日常生活での健康的活動促進に関する分析, 第 45 回環境システム研究論文発表会, 2017.
- ⑤ 奥嶋政嗣: 地方都市における交通手段の利用可能性を考慮した外出水準の計測, 第 33 回フuzzyシステムシンポジウム, 2017.
- ⑥ 奥嶋政嗣: マルチエージェント交通シミュレーションによる温室効果ガス排出削減策の影響分析, 第 55 回土木計画学研究発表会, 2017.
- ⑦ Masashi Okushima: Multi-Agent Simulation of Commuting Modal Shift Considering with Health Conscious, Joint 8th the International Conference on Soft Computing and Intelligent Systems and 17th International Symposium on Intelligent Systems, 2016.
- ⑧ 奥嶋政嗣: 地方都市における生活時間を考慮した健康活動促進に関する分析, 第 53 回土木計画学研究発表会, 2016.

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。