

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 9 日現在

機関番号：13901

研究種目：基盤研究(A) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24246087

研究課題名(和文) 次世代自動車の普及に伴う新しい道路課金制度の提案とその定量的評価

研究課題名(英文) Study on new road pricing schemes toward new generation vehicle era

研究代表者

森川 高行 (Morikawa, Takayuki)

名古屋大学・環境学研究科・教授

研究者番号：30166392

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,200,000円

研究成果の概要(和文)：道路はガソリン税等により受益者負担の原則に基づいた財源確保が行われている。しかし、昨今普及が著しい電気自動車(EV)等は、道路財源の大半を占めるガソリン課税から免除されているため、政府はガソリン税に代わる合理的な道路の受益者負担制度を早急に提案する必要がある。

そこで本研究では、混雑や事故などの外部不経済を考慮した妥当な課金額の検討、受容性を高める方法や次世代自動車の普及予測を行った。その結果、料金を混雑に状態に応じて変更することで走行時間削減便益が生じること、徴収額は一般財源化よりも道路交通環境の改善等特定財源化が望ましいこと、EVは都心部よりも郊外で需要が高いこと等が明らかとなった。

研究成果の概要(英文)：The current fossil fuel tax for road users has been accepted by public because it basically follows the beneficiary-pays principle. This taxation, however, will deviate from the principle when electric vehicles (hereafter EVs) reach masses. Toward the electric vehicle era, therefore, new policies such as road user charge system are needed.

In this study, we analyzed proper toll amounts according to congestion levels, publically acceptable schemes, and EVs future demand. The results show that proper toll amounts of expressway to reduce congestion are -10 JPY for terminal charge, +5 JPY/km, and -17 JPY/km for distance charge in congested and non-congested road, respectively. Secondly, it was found that using the money from the road user charge for road maintenance raises the acceptability of pricing scheme. We also found that EV's demand is higher in suburban areas than city center.

研究分野：交通計画

キーワード：道路課金 交通需要マネジメント 次世代自動車 受容性

1. 研究開始当初の背景

道路は古代より最も重要な社会基盤のひとつであり、その重要性は将来も変わらないであろう。また、典型的な公共財であり、その整備や維持管理には税金が充てられてきた。20世紀に先進国でモータリゼーションが起き、道路の主たる利用者が自動車のユーザーになって以来、受益者負担の原則に基づいた財源確保が行われている。つまり、これまでの自動車はほとんどすべてがガソリン(以下では簡単のため揮発油及び軽油をガソリンと称する)を燃料としていたために、ガソリンに課税することで受益者負担になっていたわけである。

しかし、今世紀に入り、「次世代自動車」という括りであらわされる、主には電気をエネルギー源とする自動車(以下、EV)をはじめとする代替燃料車は、これまでその数が無視できるほどであったのと、「環境に良い」とのことで、なんとなく道路財源の大半を占めるガソリン課税から免除されてきたのである。

しかしその普及が取るに足らないレベルを超えるとそうはいかない。また、石油は枯渇に向かうことは明らかで、その点からもガソリン税制度は中期的には破たんする定めにある。したがって、政府はガソリン税に代わる合理的な道路の受益者負担制度を早急に提案する必要がある。

2. 研究の目的

本研究は、自動車の購入・保有・利用に関する現行の税制度を抜本的に見直し、道路の整備と維持管理、CO₂排出量削減、都市部の渋滞緩和を同時に達成する道路課金制度を提案し、その有効性を定量的に評価することを目的とする。

提案する道路課金制度は、とくに利用時に焦点を当て、対距離課金、混雑課金(研究代表者提唱の駐車デポジットシステムを含む)、環境税などを車種ごとに課するもので、統合的な交通需要予測モデルにより、その社会的便益を評価する。また、課金の受容性や次世代自動車の普及予測も合わせて行う。

3. 研究の方法

本研究課題では、一般道を含めた課金政策による混雑緩和効果に関する分析(以下の(1)と(2))、道路課金額の妥当性に関する研究(3)、課金制度の受容性に関する研究(4)と(5)、次世代自動車の普及に関する研究((6))を実施した。

(1)都市圏の統合型均衡配分モデルによる高速道路料金に関する研究

中部地方のすべての幹線道路および高速道路を対象とした道路ネットワークデータ(図1)を対象とする。また、平成17年度道路交通センサスODマスターデータから集計

した日OD表(中部地方は969ゾーン、その他は80の集約ゾーン)を用いることとした。さらに、各ODペアに対して利用可能高速道路経路(オンランプ→高速道路上経路→オフランプ)をあらかじめ作成し、平成17年度道路交通センサスオーナーインタビュー調査データを用いて、高速道路経路選択モデルを構築する。

さらに、高速道路経路選択モデルを内生化した利用者均衡配分モデルを構築する。これを用いて、高速道路料金を変更することで一般道を含めた道路網全体の混雑緩和が可能であるかを検討する。

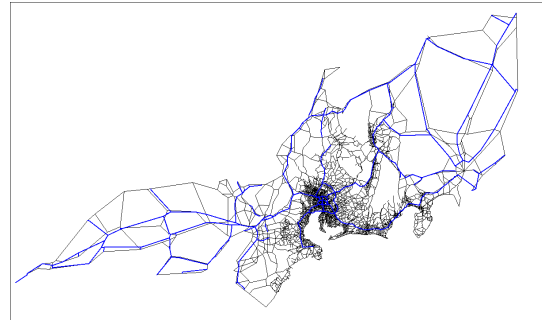


図-1 配分ネットワーク

(2)都市圏の交通需要予測システム

道路課金等の行動に影響の大きい料金施策に対しては、時間帯の変化や交通手段の変化、目的地の変化等の様々な交通行動の変化が予想される。それに対して従来型のモデルでは予測が困難な側面があり、それらを考慮できる一日単位の行動最適化を行う非集計行動モデルも開発されてきたがその精度に問題が指摘されていた。

そこで本研究では、近年発達した様々な観測データを用いて、非集計行動モデルの弱点を補うことを目的として、その融合手法を検討し、様々な料金施策に対応可能な都市圏の交通需要予測システムの構築を行う。

(3)交通事故に伴う外部不経済の内部化に関する研究

自動車利用に伴う外部不経済としては、道路混雑のほかに交通事故の影響が挙げられる。そこで、交通事故による人的・物的被害や事故渋滞等の外部不経済の内部化を意図した研究として、アンケート調査等を実施し、ドライバーに交通事故リスクに関する情報を提供した際の効果を検証した。

(4)自動車利用課金制度に対する受容意識構造分析

課金制度に対する受容意識は、課金水準のみならず、課金対象や徴収額の用途等によって大きく異なるものと考えられる。そこで、過年度に実施した小規模社会実験でのモニター調査等を用いて、様々な課金制度に対する受容意識の分析を行った。

(5) 道路課金の受容性に関する国際比較

欧米で道路課金の導入が進むなか、インドネシア・ジャカルタでも道路課金が検討されている。そこで、ジャカルタにおいて、普段の交通行動、課金等に関する認知や意識、複ロードプライシングと駐車デポジット制度の市民の受容性等に関するアンケート調査を実施し、平成 18 年に日本で行った同様のアンケート結果と比較する。アンケート調査の概要は以下のとおりである。

表 1 アンケート調査の概要

	名古屋	ジャカルタ
実施時期	平成 18 年 11 月	平成 25 年 11 月
配布場所	名古屋市中心市街地（名古屋駅、栄地区）	ジャカルタ中心市街地
配布方法	手渡し配布，郵送回収	手渡し配布，手渡し回収
配布枚数	6,000 票	2,100 票
回収枚数（回収率）	1248 票（20.8%）	1998 票（95.1%）

(6) 次世代自動車の保有・利用に関する研究

次世代自動車（EV）の保有と利用に関する web アンケート調査を愛知、岐阜、三重県民に対して実施し、2,883 名から回答を得た。EV の保有意向については、価格、定員、充電時間、航続距離、充電施設の配置状況などに関する様々な仮定のもとで、現有の自動車からの「買い替え」「買い足し」または「買わない」の回答を、バイナリープロビットモデルとオーダードプロビットモデルを用いて分析した。利用に関しては、通常の自動車と EV の走行距離をトビットモデルを用いてモデル化した。推定されたモデルのパラメータを用いて、第 4 回中京都市圏パーソントリップ調査データを適用することで、中京都市圏における EV 需要予測を行った。

4. 研究成果

(1) 都市圏の統合型均衡配分モデルによる高速道路料金に関する研究

各 OD ペアに設定した高速道路経路は、実際の利用経路をカバーするように最大 45 本とした。構築した均衡配分モデルの交通量配分結果は、相関係数において高速道路で 0.712，一般道路で 0.795，RMSE において高速道路で 24,215，一般道路で 9,501 となり、良好な結果が得られた。

構築した均衡配分モデルを用いて実施した、道路網全体の混雑緩和のための高速道路料金の分析結果は以下のとおりである。混雑・非混雑地域別のターミナル料金と対距離料金の最適設定金額を、焼きなまし法を用いて探索した。この結果、ターミナル料金を現行より 10 円程度減額し、距離料金を混雑地域で +5 円/km，非混雑地域で -17 円/km とすることで、13 千万円/日の走行時間削減便益

が得られることが示された。ただし、この結果は中部地方内々交通量を対象としている。さらに、高速道路経路別に料金設定を行えばさらに効率的に混雑削減できることも明らかとされた。

(2) 都市圏の交通需要予測システム

都市圏の非集計行動モデル体系を、一日の時間帯別の外出活動の最適化を仮定した、アクティビティベースモデルから構築した。これによって、時間帯別道路課金や経路別の道路課金の様な、複雑な課金に対しての個人の行動変化が予測できるようになった。このモデルにおいては、活動と目的地選択モデルが重要であると指摘されてきた。なぜならば都市圏の活動と目的地の組み合わせの選択は非常に幅広くなり、通常の選択モデルでは精度が低くなってしまふからである。

本研究では、携帯電話等の観測データを用いて、行動シミュレーターと合わせて予測値を計算することで、その精度を補正する方法を開発した。その結果、目的地選択の適合度が高まり、本手法の実用性を確保した。

(3) 交通事故に伴う外部不経済の内部化に関する研究

ドライバーに、所要時間や費用に加え、事故に遭遇する確率等の事故リスク情報を提供した際の経路選択 SP 調査を実施し分析を行った結果、事故リスク情報の提供が安全な経路の選択に有意に影響を及ぼすことを確認した。また、その社会的効果を、単純な 1OD2 経路区間で試算したところ、約 50km の短距離区間にも関わらず年間で 2,000 万円程度の便益が生ずることが明らかとなった。ゆえに、潜在的な事故リスクの影響を定量化し、それを道路利用料金等により内部化することで、混雑や事故の緩和に資する十分なポテンシャルを有していることが明らかとなった。

(4) 自動車利用課金制度に対する受容意識構造分析

共分散構造モデル等を用いて分析を行ったところ、一方的な自動車利用課金ではなく、転換先となる公共交通運賃の割引等を併せて実施したり、自動車利用のキャップアンドトレード方式のように、自動車利用を削減した人に報酬を付与するようなフレームを有する政策のほうが受容性が高くなることが判明した。また、徴収額の使途としては、一般財源化よりも道路交通環境の改善等に限定した特定財源化のほうが望ましい一方で、課金水準が一定以上になると、使途に関係なく受容意識が急激に低下すること等が明らかとなった。

(5) 道路課金制度の受容性に関する国際比較

道路課金に対する受容性をジャカルタと名古屋で比べると、課金額が名古屋よりも高

い場合にも、ジャカルタの方が賛成率は高く、約7割の人がRPに賛成している。

課金政策に対する意識構造について、心理的要因を、都心部の問題、車社会の問題、RPの効果認識、RPの妥当性、行政への信頼感、自動車依存、RP実施による不便さの7つの潜在変数とし、線形構造方程式モデルにて潜在変数の特定化を行った。この結果、同じ調査項目から構成される潜在指標の1つが、ジャカルタでは「RPの妥当性」、名古屋では「RPの不適切性」という逆の意味の指標となったこと、名古屋では公共交通機関の整備が進んでいるため、自動車依存していてもRP実施に伴う移動制約を感じないこと、ジャカルタでは行政への信頼感が高い人はRPの妥当性が高いことなどが明らかとなった。

最後に、個人属性や交通行動と賛否の関係を比較するために、RPの賛否を2項プロビットモデルでモデル化した。その結果、ジャカルタでは、名古屋とは反対に、他者の賛成率に個人の賛否が影響されないこと、公共交通の利用頻度が高い人ほど反対する傾向にあること、年齢が高い人ほど反対する傾向にあることなどが明らかとなった。

(6) 次世代自動車の保有・利用に関する研究

EVの保有に関する分析結果からは、EVを購入するかどうかの行動に影響を与える強い要因として、価格の他に、自宅での充電可能性、ガソリンスタンドでの充電可能性があり、「買い替え」と「買い足し」の選択には、定員と航続距離の影響が大きいことが分かった。

ガソリン車とEV利用行動の分析結果から、両タイプの自動車間には代替関係があることが示され、価格、定員、航続距離、ガソリンスタンドでの充電可能性が利用に大きく影響を与えることが分かった。さらに、航続距離1km当たりの(購入価格における)貨幣価値は約5千円、充電時間1分あたりのそれは約1万3千円という結果が得られた。

中京都市圏におけるEVの保有率と走行距離を、中京都市圏パーソントリップ(PT)データから推計した。EVの平均保有率は0.3台/世帯(図-2)、走行距離は260km/月(図-3)になると推計された。また、都心部よりも郊外部においてEVの保有率も走行距離も大きいと予想されることが分かった。

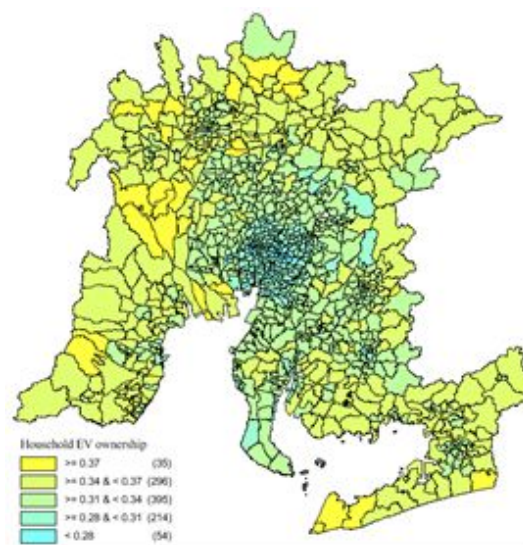


図-2 EVの世帯保有台数の推定結果

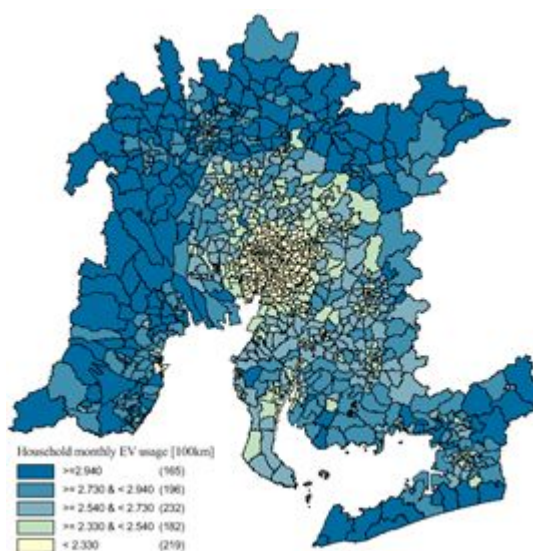


図-3 EVの走行距離の推定結果

5. 主な発表論文等

(雑誌論文)(計19件)

Yang, J., Miwa, T., Morikawa, T. and Yamamoto, T.: Examining the preference of electric vehicles purchasing behavior using stated preference data, Journal of International City Planning 2012, pp. 213-223, 2012. 【査読有】

Yang, J., Miwa, T., Morikawa, T. and Yamamoto, T.: A Discrete-Continuous Model for Analyzing the Ownership and Usage of Electric Vehicles Using Stated Preference Data, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, Vol. 10, pp. 499-514, 2013. 【査読有】

DOI: 10.11175/easts.10.499

Yang, J., Miwa, T., Morikawa, T. and Yamamoto, T.: Forecasting the Demand of Electric Vehicles Ownership and Usage in the Chukyo Region in Japan,

International Conference on Transportation Engineering 2013 (ICTE 2013), pp. 245-251, Chengdu, China, October 2013. 【査読有】

DOI: 10.1061/9780784413159.036

安江勇弥,金森亮,山本俊行,森川高行: カーシェアリング会員特性と利用意向に関する分析,土木学会論文集 D3, Vol. 69, No. 5, pp. I_761-I_770, 2013. 【査読有】

三輪富生,山本俊行,森川高行: 多様な高速道路料金施策の分析に向けた交通均衡配分モデルの構築,高速道路と自動車, Vol.57, No.3, pp.23-31, 2014. 【査読有】

佐藤仁美, Sugiarto, 三輪富生, 森川高行: ジャカルタと名古屋におけるロードプライシングの受容性に関する比較分析 都市計画論文集, No. 49(3), pp.441-446, 2014. 【査読有】

Sugiarto, Miwa, T., Sato, H. and Morikawa, T.: Transportation Expenditure Frontier Models in Jakarta Metropolitan Area, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol.138, pp. 148-158, 2014. 【査読有】

DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.190

Yang, J., Tian, M., Miwa, T. and Morikawa, T.: Examining the Variation of Household Vehicle Holding Behavior in the Chukyo Region in Japan, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 138, pp.174-184, 2014. 【査読有】

DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.193

Xu, G., Miwa, T., Morikawa, T.: Analysis of Drivers' Route Choice Behavior Considering Probabilistic Choice Set, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 138, pp. 76-85, 2014. 【査読有】

DOI: 10.1016/j.sbspro.2014.07.183

Sugiarto, Miwa, T., Sato, H. and Morikawa, T.: Congestion Charging Acceptability: A Preliminary Analysis Considering Jakarta Citizen's Consciousness, *Proceedings of 21st World Congress on Intelligent Transport Systems (Scientific paper)*, September, 2014. 【査読有】

<http://itswc.conferencespot.org/?qr=1>

河尻陽子,金森亮,山本俊行,森川高行: 運営管理データを用いたカーシェアリングの利用実態分析,土木学会論文集 D3, Vol. 70, No. 5, pp. I_487-I_500, 2014. 【査読有】

Sugiarto, Miwa, T., Sato, H. and Morikawa, T.: Use of latent variables representing psychological motivation to explore citizens' intentions with respect to congestion charging reform in Jakarta, *Urban, Planning and*

Transport Research, Vol.3, No.1, pp.46-67, 2015. 【査読有】

DOI: 10.1080/21650020.2015.1037964

Xu, G., Miwa, T., Morikawa, T. and Yamamoto, T.: Vehicle Purchasing Behaviors Comparison in two-stage Choice Perspective Before and After Eco-car Promotion Policy in Japan, *Transportation Research Part D*, Vol.34, pp.195-207, 2015. 【査読有】

DOI: 10.1016/j.trd.2014.11.001

Sugiarto, Miwa, T., Sato, H. and Morikawa, T.: Understanding the Effects of Various Factors on the Public Response to Congestion Charge: A latent Class Modeling Approach, *Journal of Transportation Technology*, Vol.5, No.2, pp.76-87, 2015. 【査読有】

DOI: 10.4236/jtts.2015.52008

Kanamori, R., Morikawa, T., Okumiya, M., Yamamoto, T. and Ito, T.: Impact of electric vehicles on travel and electricity demand in metropolitan area: a case study in Nagoya, *Journal of Civil Engineering and Architecture*, Vol. 9, 341-349, 2015. 【査読有】

DOI:10.17265/1934-7359/2015.03.012

Liu, H., Sato, H., and Morikawa, T.: Influences of Environmental Consciousness and Attitudes to Transportation on Electric Vehicle Purchase Intentions, *Asian Transport Studies*, Vol.3, No.4, pp.430-446, 2015. 【査読有】

三輪富生, 浪崎隆裕, 森川高行, 山本俊行: 一般道路網を含む混雑緩和のための高速道路料金に関する研究, *高速道路と自動車*, Vol.58, No.12, pp.17-25, 2015. 【査読有】

Sasak, K.: Re-calibration of Traffic Simulation Parameters by Data Assimilation - Toward a real time simulation for short-term forecasting -, *Proceedings of the Fifth International Conference on Transportation Engineering*, 2015. 【査読有】

Kurauchi, S., Yoshii, T. and Hyodo, S.: Impact study of various information about accident risk on driver's route choice behavior, *Proceedings of the 6th International Symposium on Transportation Network Reliability(CD-ROM)*, 2015. 【査読有】

〔学会発表〕(計 18 件)

三輪富生, 酒井大輔, 山本俊行, 森川高行: 高速道路の利用経路を考慮した交通均衡配分モデルの開発, 第 47 回土木計画学研究発表会, 2013 年 6 月 2 日, 広島工業大学.

倉内慎也, 前川朝尚, 吉井稔雄: ガソリン税制に対するメンタル・アカウンティングの基礎的分析, 第 47 回土木計画学研究発表会, 2013 年 6 月 2-3 日, 広島工業大学.
河尻陽子, 安江勇弥, 金森亮, 山本俊行, 森川高行: 車両 GPS データによるカーシェアリングの利用実態の基礎分析, 第 47 回土木計画学研究発表会, 2013 年 6 月 2-3 日, 広島工業大学.

佐々木邦明, 広瀬尚樹: ミクロシミュレーションと観測データを融合した高速道路の所要時間変動の短期予測, 第 50 回土木計画学研究発表会, 2014 年 11 月 1-3 日, 鳥取大学.

鈴木康平, 佐々木邦明: 時系列モデルによる高速道路の交通量と所要時間の変動の分析, 第 42 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2015 年 3 月 5 日, 東海大学.

大山貴志, 倉内慎也, 吉井稔雄, 美濃雄介: 交通事故リスクの認知状況に関する基礎的分析, 平成 27 年度土木学会四国支部第 21 回技術研究発表会, 2015 年 5 月 23 日, 香川大学.

大山貴志, 倉内慎也, 吉井稔雄, 大西邦晃, 美濃雄介: 交通事故リスクの知覚バイアスに関する基礎的分析, 第 51 回土木計画学研究発表会, 2015 年 6 月 6-7 日, 九州大学.

武藤慎一, 森杉壽芳, 佐々木邦明, 芹澤亮裕: 交通生産を明示化した SCGE モデルによる便益帰着分析, 第 51 回土木計画学研究発表会, 2015 年 6 月 6-7 日, 九州大学.

佐々木邦明, 本山拓樹: 高速道路のミクロシミュレーションへの交通状態観測のフィードバック, 第 51 回土木計画学研究発表会, 2015 年 6 月 6-7 日, 九州大学.

川辺拓哉, 佐々木邦明: マイクロシミュレーションによる交通需要予測の精度改善に関する研究, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2016 年 3 月 14-15 日, 東京都市大学.

白須瑛紀, 佐々木邦明: ツアー概念に基づく甲府都市圏需要予測分析, 第 43 回土木学会関東支部技術研究発表会, 2016 年 3 月 14-15 日, 東京都市大学.

〔図書〕(計 1 件)

佐々木邦明 他, 日本評論社, 人口減少社会と地域力の創造, 2016, 284 (162-178).

〔産業財産権〕

- 出願状況 (計 0 件)
- 取得状況 (計 0 件)

〔その他〕

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

森川 高行 (MORIKAWA, Takayuki)
名古屋大学・環境学研究科・教授
研究者番号: 30166392

(2) 研究分担者

山本 俊行 (YAMAMOTO, Toshiyuki)
名古屋大学・未来材料・システム研究所・教授
研究者番号: 80273465

三輪 富生 (MIWA, Tomio)
名古屋大学・未来材料・システム研究所・准教授
研究者番号: 60422763

佐々木 邦明 (SASAKI, Kuniaki)
山梨大学・総合研究部・教授
研究者番号: 30242837

倉内 慎也 (KURAUCHI, Shinya)
愛媛大学・理工学研究科・准教授
研究者番号: 90314038

金森 亮 (KANAMORI, Ryo)
名古屋大学・未来社会創造機構・特任准教授
研究者番号: 40509171
(平成 27 年度より連携研究者)

薄井 智貴 (USUI, Tomotaka)
名古屋大学・経済学研究科・特任准教授
研究者番号: 20549448
(平成 26 年度より連携研究者)

佐藤 仁美 (SATO, Hitomi)
名古屋大学・未来社会創造機構・特任講師
研究者番号: 00509193
(平成 25 年度より連携研究者)

(3) 連携研究者

北村 清州 (KITAMURA, Seisyu)
一般財団法人計量計画研究所・研究員
研究者番号: 50419040

(4) 研究協力者

なし