

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 29 年 6 月 20 日現在

機関番号：34310

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2013～2016

課題番号：25281071

研究課題名(和文)次世代自動車の普及政策とそのグローバル・ベネフィットに関する研究

研究課題名(英文)Policies to Promote the Diffusion of Next-Generation Vehicles and their Global Benefits

研究代表者

三好 博昭 (MIYOSHI, Hiroaki)

同志社大学・総合政策科学研究科・教授

研究者番号：80399055

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,500,000円

研究成果の概要(和文)：世界レベルで持続可能な交通を構築していくためには、日本企業が世界の最先端を走る次世代自動車技術を世界的に普及させていく必要がある。この問題意識の下、本研究は「次世代自動車普及のためのインセンティブ政策の研究」、「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットの研究」という2つの研究を実施した。本研究の主な成果は、1)次世代自動車に対する経済的インセンティブ政策を、車両価格の将来リスクを考慮して検討した点、2)次世代自動車の普及が、世界の大気汚染物質濃度に与える影響を推計した点、の2点である。

研究成果の概要(英文)：The imperative to design sustainable future transportation systems on a global scale will require global market diffusion of next-generation vehicles, an area in which Japanese companies currently lead the world. Based on this idea, the research comprises of the following two tasks: 1) Study of governmental economic incentives for the diffusion of next-generation vehicles, and 2) Study of global benefits from the diffusion of next-generation vehicles.

Major achievements are as follows: 1) Governmental economic incentives are studied considering the price risks of next-generation vehicles (Task 1); 2) The effects on the concentration of air pollutants from the diffusion of next-generation vehicles are estimated on a global basis (Task 2).

研究分野：公共経済学、技術公共政策

キーワード：環境政策 環境技術 二酸化炭素排出削減 大気汚染防止・浄化 次世代自動車 電気自動車 自動走行

### 1. 研究開始当初の背景

国際エネルギー機関 IEA の *CO<sub>2</sub> Emissions from Fuel Combustion 2011* よれば、自動車(道路交通部門)からの CO<sub>2</sub> 排出量(燃料燃焼起源)は、2009 年で、世界の排出量全体の 16.8 % を占めている。今後、世界レベルで持続可能な交通を構築していくためには、日本企業が世界の最先端を走る次世代自動車技術をフルに活用し、世界的に普及させていく必要がある。そして、これを通じて、日本の基幹産業である自動車産業のさらなる国際競争力強化に結びつけていく必要がある。本研究は、こうした、背景・動機の下にスタートさせたものである。

### 2. 研究の目的

上述した動機・背景の下、本研究は、以下の 2 つのテーマを設定し推進した。

テーマ 1 : 「次世代自動車普及のためのインセンティブ政策の研究」: インセンティブが電気自動車 (EV)、プラグインハイブリッド自動車 (PHV)、燃料電池自動車 (FCV) 等の次世代自動車の普及と社会的厚生水準向上に与える効果を分析するとともに、不確実性に配慮したインセンティブ政策のあり方を研究するものである。このテーマを設定した背景には、技術の普及政策に関する政府の議論には、経済学的な分析が不足しているとの状況認識があり、この研究が、次世代自動車のインセンティブ政策立案に対して重要な貢献ができると考えた。

テーマ 2 : 「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットの研究」: 次世代自動車普及の効果、温室効果ガス削減という長期的な効果のみならず、大気汚染物質の削減による人間の健康被害、医療費の削減等の短期的な効果を含め、世界レベルで推計するものである。温室効果ガス排出削減は、その効果が長期的で且つ不確実性が大きいこと等から、特に新興国・途上国においては、それだけを根拠に積極的な温暖化対策を打ち出しにくいのが実態である。このテーマを設定したのは、短期的効果の大きさを定量化することは、特に新興国・途上国における次世代自動車普及を含む温暖化対策推進にインパクトを有すると考えたからである。

### 3. 研究の方法

テーマ 1、テーマ 2 共に、コンピュータシミュレーションモデルを構築して分析を行った。テーマ 2 については、英国の 2 大学 (University College London, University of East Anglia) の研究者との国際共同研究として実施した。分析結果については、シンポジウムを開催して社会に還元すると共に、各種学会、ワーキングペーパー、学術雑誌で公表した。また、本研究の研究領域で研究を進める国内

の若手研究者を招聘し、ワークショップを開催した。

### 4. 研究成果

以下では、本研究の主な成果を、(1) 得られた知見、(2) 発表論文等、(3) その他、という 3 つの観点から述べる。

#### (1) 得られた知見

まず、テーマ 1 「次世代自動車普及のためのインセンティブ政策の研究」に関して得られた主な知見について述べる。

次世代自動車に対する政府の経済的インセンティブは、学習効果や量産効果によるコスト低減が見込まれる技術において、普及の呼び水として正当化される。EV や FCV はそうした性質を有する技術と考えられており、将来的には政府のインセンティブがなくとも市場競争力を持つようになることが期待されている。しかし、競争力を持ちうるか否かは将来のコスト低減の程度に依存する。コストが、いつ、どれほど低減するかは技術進歩に依存するため不確実性が高い。従来技術普及推計では、多くの場合、期待値あるいはシナリオとして特定のコスト低減過程を想定し、その下での市場性を検討していた。一方、次世代技術の市場競争力は、コスト低減効果のわずかな違いが大きく影響し、こうした想定との相違により予想される普及率は大きく異なる可能性がある。すなわち、技術開発・普及に対する政府のインセンティブの効果には不確実性があり、財政支出の判断においては、こうした不確実性を考慮することが必要と考えられる。

これに対し、本研究では、次世代自動車の普及政策の効果とリスクを経済的に評価する新たな方法論を構築した。具体的には、次世代自動車として、電気自動車と水素燃料電池自動車を想定し、それらの普及目標を達成する場合の CO<sub>2</sub> 排出削減価値と、目標達成のための補助金額の差を純便益と定義し、その期待値を政策効果として推計した。一方、次世代自動車価格を確率変数として取り扱うことで純便益の確率分布を求める。これにより、純便益の Conditional Value at Risk をリスクとして定義し、普及目標に対する効果とリスクを分析した。その結果、FCV のコストは高く、かつコスト見通しのばらつきも大きいため、大規模普及目標はリスクが高いこと、EV は FCV と比較して相対的に安価となる可能性が高いことを示した。また、現状の技術見通しの下では、CO<sub>2</sub> 排出削減目標が高まるほど、コストもリスクも高まる傾向が示され、このことから、見通しの確実性を高めるためにも、現時点では、補助金等の経済的普及策よりは、性能向上・コスト削減の技術開発政策に注力すべきと結論した。

この「次世代自動車普及のためのインセンティブ政策の研究」については、この研究の他、次世代自動車と燃料供給インフラとの補

完的な関係に着目した普及モデルの構築や、自動運転車の普及政策の研究も実施した。特に、自動走行システムに関する研究結果については、一部を、戦略的イノベーション創造プログラム「自動走行システム」の国際専門家会議であるSIP-adus Workshop 2016で発表した。さらに、研究代表者は、SIP-adus 国際連係WGの準構成員を務めることとなり、本研究の成果を国の重点プロジェクトに還元できる体制を構築し得た。自動運転に関する研究成果は、挑戦的萌芽研究「自動走行システムの社会的厚生分析」(研究課題/領域番号:16K12830)にその成果を引きつぎ、さらに発展させていく。

次に、テーマ2の「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットの研究」について述べる。温室効果ガス、大気汚染物質の地域別排出量の推計は、次の2つのアプローチで実施した。まず、第1に、IEA等による次世代自動車普及の将来見通し等を参考に、自動車の廃車・買い替えの時期を考慮したモデルを使用し、次世代自動車の普及シナリオデータを独自に作成した。そしてこれと経済環境統合マクロ計量経済モデル(E3ME)との連結を行い、排出量の推計を行った。第2に、長期最適化型世界エネルギーシステムモデル(REDGEM70)を用い、大気中CO<sub>2</sub>濃度に何ら制約を課さないケース(BAUケース)と大気中CO<sub>2</sub>濃度を2100年に400ppmvで安定化させるケースの下で、次世代自動車の普及台数を推計するとともに、温室効果ガス、大気汚染物質の地域別排出量を推計した。

次に、温室効果ガス、大気汚染物質の地域別排出量の推定値を、大気化学物質輸送モデルTOMCATに入力し、2050年時点の世界の大気汚染物質濃度を推計した。上記、REDGEM70モデルで想定したBAUケースでは、NO<sub>x</sub>の濃度は、例えば、中国で5ppbv、東欧や米国東部で2ppbv減少するとの結論を得ている(ただ次世代車普及以外の効果も含む)。

なお、当初計画では、この大気汚染物質濃度の変化を受けて、人間の健康被害、医療費の削減等を世界レベルで推計することとしているが、助成期間内に終了させることができなかった。これについては、引き続き作業を進めていきたい。

## (2) 発表論文等

本研究で得られた主な知見は以上の通りであるが、多くが、ワーキングペーパーの段階に有り、国際ジャーナルや当初予定していた書籍出版といった形での成果が、補助期間内に得られていないことがくやまれる。これについては、引き続き取り組み、世界の自動車技術研究者や政策関係者に対して、有益な情報を提供していきたい。

## (3) その他

本研究では、シンポジウム開催を通じて、研究成果の社会還元に努めた。また、本研究の領域で研究を進める国内の若手研究者を招聘し、ワークショップを開催した。さらに、内外から著名な研究者・実務家を招聘してセミナーを開催した。以下、これについて記述する。

### シンポジウムの開催

本研究の研究成果の社会還元の一環として、研究代表者主宰の下、同志社大学で以下の2つのシンポジウムを開催した。

- 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターシンポジウム『自動車の新技術：その効果と課題』, 2015年3月23日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)
- 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターシンポジウム *Next-Generation Automotive Technology: Social Benefit and Diffusion Policy*, 2016年3月11日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)

後者については、本研究の研究協力者を含め、次世代自動車普及に関係する政策研究者を日本、中国、イギリスより招聘して開催した。

### 若手研究者のためのワークショップの開催

2016年3月12日に、本研究の関連領域で研究を進める若手研究者を2名(同志社大学博士後期課程院生1名、国立環境研究所PD1名)を招聘し、3月11日の国際シンポジウムで招聘した研究者をコメンテーターとし、同志社大学寒梅館で開催した。

### セミナーの開催

本研究に関連する分野の研究者・実務家を招聘したセミナーを、研究期間内に3回開催した。内容については、「5. 主な発表論文等」の〔その他：本事業で開催したセミナー〕を参照されたい。

## 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13件)

Hiroaki Miyoshi, Economics of Lane-Departure Prevention Technologies: Benefits Resulting from Reduced Traffic-Accident Losses and Effects of Mandatory Installation Policies, 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2017年6月号,

[http://www.itec.doshisha-u.jp/03\\_publication/01\\_workingpaper/2017/17-02.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2017/17-02.pdf)

紀伊雅敦、三好博昭「次世代自動車エネルギー技術の不確実性と普及目標の達

成リスクに関する研究」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2017年6月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/03\\_publication/01\\_workingpaper/2017/17-01.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2017/17-01.pdf)  
川上敏和「ゲーム理論の視点から見た自動運転システム実用化についての一考察」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2017年3月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03\\_publication/03\\_publication/01\\_workingpaper/2016/16-04.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03_publication/03_publication/01_workingpaper/2016/16-04.pdf)  
Hiroaki Miyoshi, Impact of the Diffusion of Automotive-Safety Technologies in Japan : Preliminary Study, 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2017年3月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03\\_publication/03\\_publication/01\\_workingpaper/2016/16-03.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03_publication/03_publication/01_workingpaper/2016/16-03.pdf)  
紀伊雅敦, 中村一樹「SRES・SSPs シナリオ下での世界都市化の展望」『土木学会論文集 G(環境)』, 査読有り, Vol. 72, No. 5, 2016, p. I\_187-I\_194,  
[http://doi.org/10.2208/jscej.72.I\\_187](http://doi.org/10.2208/jscej.72.I_187)  
Zhenyu Gao, Masanobu Kii, Atsuko Nonomura, Kazuki Nakamura, An Analysis on Urban Expansion using Remote Sensing Data –Case of Harbin, China—, 『土木学会論文集 D3』, 査読有り, Vol. 72, No. 5, 2016, p. I\_495-I\_503,  
[http://doi.org/10.2208/jscejpm.72.I\\_495](http://doi.org/10.2208/jscejpm.72.I_495)  
Hiroaki Miyoshi, Diffusion Policies of Automated Driving Systems: Rear-end Collision-Prevention Systems, 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2016年6月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03\\_publication/03\\_publication/01\\_workingpaper/2016/16-02.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/j/03_publication/03_publication/01_workingpaper/2016/16-02.pdf)  
紀伊雅敦, 中村一樹「世界の都市拡大のモデル化と将来推計の試み」『土木学会論文集 D3』, 査読有り, Vol. 72, No. 1, 2016, pp. 25-33,  
<http://doi.org/10.2208/jscejpm.72.25>  
竹下貴之「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットに関するモデル分析」, 同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2015年3月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/03\\_publication/01\\_workingpaper/2014/14-07.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2014/14-07.pdf)  
Masanobu Kii, Kazuki Nakamura, Analysis on Global Urban Expansion and its Sensitivity to the Transportation Cost Variation, 同志社大学技術・企業・国際

競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2015年3月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/03\\_publication/01\\_workingpaper/2014/14-06.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2014/14-06.pdf)  
Hiroaki Miyoshi and Masayoshi Tanishita, Diffusion Policy for the Cooperative Vehicle-Pedestrian Driving Safety Support System, The Doshisha University Economic Review, 査読無, Vol. 65 No.4, 2014, pp. 717-747  
Hiroaki Miyoshi, Masanobu Kii, New Automotive Technology and Public Policy, *The European Financial Review*, 査読無, April-May, 2014, pp. 60-62.  
紀伊雅敦, 三好博昭「次世代自動車に関わる要素技術費用の不確実性」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センター ワーキングペーパーシリーズ, 査読無, 2014年3月号,  
[http://www.itec.doshisha-u.jp/03\\_publication/01\\_workingpaper/2014/14-02.pdf](http://www.itec.doshisha-u.jp/03_publication/01_workingpaper/2014/14-02.pdf)

〔学会発表〕(計19件)

Hiroaki Miyoshi, Economic Model to Assess Diffusion Policies for Automated Driving Systems, Impact Assessment session (Break out), *3rd SIP-adus Workshop on Connected and Automated Driving Systems*, 2016年11月17日, 東京国際交流会館(東京都江東区青海)  
Masanobu Kii, Cost and Spatial Conditions for the Diffusion of Level 4- Full Automation Passenger Vehicles -, Impact Assessment session (Break out), *3rd SIP-adus Workshop on Connected and Automated Driving Systems*, 2016年11月17日, 東京国際交流会館(東京都江東区青海)  
Hiroaki Miyoshi, Who Enjoys the Benefits of Automated Driving Systems?, Impact Assessment Session, *3rd SIP-adus Workshop on Connected and Automated Driving Systems*, 2016年11月16日, 東京国際交流会館(東京都江東区青海)  
Hiroaki Miyoshi, Diffusion Policy for Automated Driving Systems, *ITEC Symposium Next-Generation Automotive Technology: Social Benefit and Diffusion Policy*, 2016年3月11日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)  
Takayuki Takeshita, Global Scenarios of Air Pollutants Emissions through to 2050 with and without Global CO2 Mitigation Policy, *ITEC Symposium: Next-Generation Automotive Technology: Social Benefit and Diffusion Policy*, 2016年3月11日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)  
Olivier Dessens, The Diffusion of Next-generation Vehicles: Future Benefits in Terms of Atmospheric Pollution, *ITEC*

*Symposium Next-Generation Automotive Technology: Social Benefit and Diffusion Policy*, 2016年3月11日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)

Masanobu Kii, Ayaka Yokota, Cost and Spatial Conditions for the Diffusion of Level 5 - Full Automation Passenger Vehicles -, *ITEC Symposium*

*Next-Generation Automotive Technology: Social Benefit and Diffusion Policy*, 2016年3月11日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)

Hiroaki Miyoshi, Economic Welfare of Automated Driving System: Autonomous and Cooperative, *The 55th European Congress of the Regional Science Association*, August 26, 2015, Lisbon (Portugal)

三好博昭・佐野雅之「自動車の平均使用年数と次世代車の普及」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターシンポジウム『自動車の新技術：その効果と課題』, 2015年3月23日, 同志社大学寒梅館(京都府京都市上京区)

竹下貴之「次世代自動車普及によるグローバル・ベネフィットに関するモデル分析」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターシンポジウム『自動車の新技術：その効果と課題』, 2015年3月23日, 同志社大学寒梅館(京都府京都市上京区)

紀伊雅敦「世界の都市拡大と交通費用の影響に関する基礎分析」同志社大学技術・企業・国際競争力研究センターシンポジウム『自動車の新技術：その効果と課題』, 2015年3月23日, 同志社大学寒梅館(京都府京都市上京区)

Hiroaki Miyoshi, New Automobile Technology and Sustainable Transport, 7th KIFEE International Symposium on Environment, Energy and Materials, 2014年3月19日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)

{その他：本事業で実施したセミナー}(計3件)

河内鶴代氏(トヨタ自動車株式会社 環境部 環境室 カーボンマネジメントグループ 主任) 大野栄嗣氏(同志社大学 ITEC 共同研究員(元)トヨタ自動車株式会社 環境部 担当部長)「トヨタの環境取組みと次世代車」2014年12月17日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)  
Dr. Douglas Crawford-Brown (Director, Cambridge Center for Climate Change Mitigation Research University of Cambridge), Improving the sustainability of transport through innovations in automobile travel, 2014年12月22日, 同志社大学

東京オフィスセミナー室(東京都中央区京橋)

水田秀行氏(日本アイ・ピー・エム株式会社 東京基礎研究所 スマートシティソリューション 主任研究員)「スマートな都市構築のためのIBMの取り組み～データ解析と都市交通シミュレーション～」, 2014年6月6日, 同志社大学寒梅館(京都市上京区)

## 6. 研究組織

### (1)研究代表者

三好 博昭 (MIYOSHI HIROAKI)  
同志社大学・大学院総合政策科学研究科・教授  
研究者番号：80399055

### (2)研究分担者

紀伊 雅敦 (KII MASANOBU)  
香川大学・工学部・准教授  
研究者番号：20426266

竹下 貴之 (TAKESHITA TAKAYUKI)  
長崎大学・水産・環境科学総合研究科・准教授  
研究者番号：70344075

川上 敏和 (KAWAKAMI TOSHIKAZU)  
同志社大学・政策学部・教授  
研究者番号：30292460

### (3)研究協力者

花岡 達也 (HANAOKA TATSUYA)  
国立環境研究所・主任研究員  
研究者番号：10391145

Olivier Dessens, Senior Research Associate,  
UCL Energy Institute, University College  
London

Annala Ager-Kraavi, Lecturer in  
Macroeconomics, School of environmental  
Sciences, University of East Anglia

David Cope, Foundation fellow, Clare Hall,  
University of Cambridge