

効果的な環境政策を考える

— 自動車由来のCO₂排出削減施策に関する実証分析 —

小西 祥文

はじめに

日本の環境政策は効果的か？ いかにして、より効果的な環境政策をデザインしていくべきか？ EBPM（エビデンスに基づく政策立案）に向けた機運の高まりとともに、多くの環境経済学者・政策担当者がこの問いに強い関心を寄せている。一口に環境政策と言っても、その対象分野は多岐に亘る。本稿では、日本の環境政策の中でも重要な地位を占める自動車由来のCO₂排出削減施策を例として、この問いに対する考察を行いたい。

交通・運輸活動は、多くの経済的便益をもたらす一方で、多くの負の外部性を持つことが知られている。その代表例がCO₂排出に伴う気候変動リスクである。現在、交通・運輸部門は日本のCO₂排出量の約18%を占めており、産業部門（約34%）に次いで最も大きな排出源となっている（2017年度実績）。自動車（自家用・貨物）は、そのうちの約86%に相当する1億8千万トンを出している。燃費技術の飛躍的な改善やハイブリッド車の普及に伴い、過去20年間における自動車由来のCO₂排出量は減少傾向にある。しかし、今後は非都市部において急激な人口減少・高齢化が予想されることから、多くの自治体において、鉄道・バス・タクシーといった公共交通網の維持が困難となり、乗用自動車への依存が進むことが予想されている。また、自動運転技術やMaaS（交通移動をサービスとして捉える概念）市場の発達に伴い自動車交通の純

便益が増加することで、非都市部における自動車依存が加速する可能性も否定できない。自動車由来のCO₂排出をいかに抑制するかという問題は、今後の人口減少社会への適応策や自動運転・MaaSに関わる法規制整備とセットで考えるべき重要な政策課題である。

教科書的な考え方をすれば、自動車由来のCO₂を最も効果的・効率的に削減する方法はCO₂の社会的費用を反映させたガソリン税である。化石燃料1単位当りのCO₂排出量は化石燃料の種類にのみ依存する。したがって、CO₂の社会的費用に等しくなるようにガソリン税を設定することで、CO₂排出を伴う行動に際し、適切な社会的費用が人々に認識され、CO₂の排出が抑制されるというのが教科書的な予測である。例えば、税によってガソリン価格が上昇すれば、より燃費の良い車や公共交通網への代替が進むだけでなく、交通・運輸活動を抑制するよう経済主体が意思決定を行うため都市のコンパクト化が起こるはずである。

しかし、様々な理由から、このような理想的な解が実際には達成されない可能性が指摘されている。例えば、環境経済学では「エネルギー・パラドックス」に関する研究が盛んに行われている。「エネルギー・パラドックス」とは、消費者や企業が、明らかに経済便益が高いと考えられるようなエネルギー効率改善的な投資が行われない現象を意味する（Jaffe-Stavins, 1994）。ガソリン価格の上昇による自動車利用コストの

上昇は、低燃費車への買替えや他の交通手段への代替を促進するはずであるが、エネルギー・パラドックスは、現実の経済主体の行動がそのような理論予測ほどには起こらないことを意味する。このような現象の理由として、将来の不確実性に対するリスク回避、投資効果に関する様々な認知バイアス、資金に関する流動性制約、過去の習慣への執着などが挙げられている。また、エネルギー・パラドックス以外にも、そもそも適切な炭素価格の導入が政治的に困難であったり、不完全な市場競争によってガソリン価格の上昇が自動車や不動産の価格に適切に反映されなかったりといった要因も存在する。

そのため、現実の政策として多くの国で採用されているのが、(クレジット取引付き)燃費規制と環境性能車への税優遇施策である。日本でも1999年の省エネ法改正を受け2001年より(クレジット取引無し)の重量別燃費規制が、2009年よりエコカー減税が採用されている。また環境省主導で車体課税のグリーン化努力が行われており、2019年10月からは、これまで自動車取得の際に徴収されていた自動車取得税が廃止され、車体の燃費基準値達成度などに応じて税率が変動する環境性能割という新税が導入される。これらの日本の自動車関連CO₂排出削減施策はどのような効果を持っていたのであろうか？本稿では、この問いに関して筆者が行った2つの実証研究を紹介し、今後の政策・制度のデザインおよび研究への展望としたい。

エコカー減税・補助金の政策効果

日本では、2009年4月～2010年9月、2011年12月～2013年1月に一定の排ガス・燃費基準を満たした自動車の購入に対して補助金が付与された。また、2009年4月以降、自動車重量税、自動車取得税、自動車税それぞれに対し特例に

より排ガス・燃費基準の達成度に応じた優遇措置が採られており、達成基準や減税率の変遷を経ながら現在まで続いている(ただし、自動車取得税は2019年10月以降、環境性能割という新税に切り替わった)。新車販売(乗用車)に占めるハイブリッド車の割合は、施策導入前の2009年1Qには3%程度だったものが2012年4Qには約24%まで上昇しており、このような統計データから同施策のCO₂削減効果を過大評価する向きも多い。一方で、エコカー減税・補助金の導入時期は、日本のメーカー各社が多くハイブリッド車種を投入した時期でもあり、同施策がなくても自然増があったと考える識者も少なくない。このような自然増による統計的なバイアスを取り除いた純粹な因果効果はどの程度だったのであろうか？そのような問いに答える分析を行ったのが、2017年に筆者らが発表した研究論文(Konishi-Zhao, 2017)である。

同論文では、2007～2012年の4半期ベースの新車販売データ(ハイブリッド車・軽自動車含む)を用いて車種別需要を推定し、エコカー補助金・減税が採られなかった場合と比較した政策効果の推計を行った。同論文が、従来の研究に比べより信頼度の高いエビデンスを提示していると考えられる理由の1つは、施策期間を通じた車種間の実効税率の頻繁な変化に着目し、Berry-Levinsohn-Pakes (BLP, 1995)による需要推定法(以下「BLP手法」)を効果的に使用している点にある。BLP手法は、3つの理由から、従来型の需要推定と比べ信頼度の高い手法と考えられている。第1に、市場レベルのデータを利用しているにも関わらず、消費者レベルの好みの異質性を明示的に考慮することで、非現実的な代替を排除している。第2に、ブランド・イメージや広告宣伝効果など、直接観測することが困難な要因によって生じる車体価格

の内生性に対し、操作変数を使った一般化モーメント法によって対処している。第3に、市場均衡条件を利用して車種レベルの限界費用を推定することで、エコカー優遇施策に対する企業の戦略的価格応答を明示的に考慮することが可能である。一方で、BLP手法の難点の1つは、推定パラメータの信頼性が操作変数の質に大きく依存する点である。筆者らは、車種間の税額の相対的位置関係がエコカー優遇施策によって大きく変動し、かつその変動が他の車種属性の相対的位置関係の変動と相関が低いことを示し、推定パラメータへの信頼性を高めている。このように推定された需要関数をもとに、政策効果の推定を行ったものが図1である。

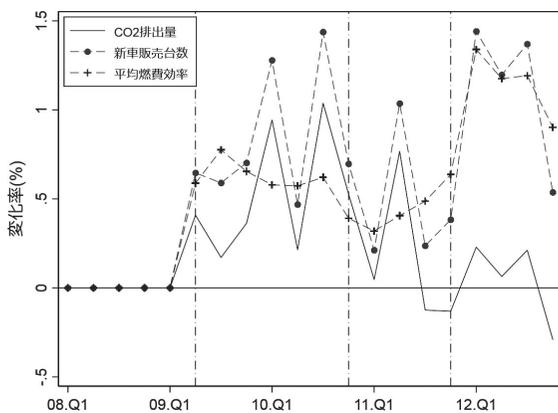
残念ながら、筆者らの推計結果ではエコカー補助金・減税は、政策が採用されなかった場合と比べCO₂排出量を微増させてしまった（期間平均で約0.2%程度）。同施策によって、確かにハイブリッド車などの低燃費車への代替が促され、施策期間中の新車販売の平均燃費効率は改善したものの、同時に販売台数を増加させてしまったため、販売台数効果が販売ミックス効果を上回ってしまったのである¹。ではどうすれば、

より効果的な環境政策となるのか？ 同論文では、燃費効率に対してより傾斜を付けるような自動車関連税のデザイン（燃費効率の悪い自動車の税率をより高く設定し、燃費効率の良い軽自動車・ハイブリッド車へ補助金を付与する）によって、CO₂を削減しつつ経済厚生も改善するような税設計の可能性を示唆している。

同論文は、日本のグリーン化税制のCO₂削減効果に関する重要なエビデンスを提示しているが、同時に、使用された手法・データの限界も指摘している。

第1に、同論文は、エコカー優遇施策が企業の技術・商品戦略に与えた影響を考慮していないため、政策効果が過小評価されている可能性を指摘している。エコカー補助金・減税の下では、燃費の良い低公害車や次世代車（ハイブリッド車・電気自動車・水素自動車等）が売れる可能性が高くなるため、企業が積極的にそういった商品の開発や技術投資を行うはずである。残念ながら、日本のデータ構造では、エコカー優遇施策が燃費技術や商品投入に与えた因果効果を検証することは困難である。技術進歩には、市場規模効果や知的財産ストックの生産性効果が存在すると言われており、開発された技術は自律的・内生的に発達していく。また、既に開発された環境性能車の普及を促進するためにエコカー優遇施策が採られた（逆因果の）可能性も否定できない。このような施策に依拠しない経年変化や逆因果によるバイアスを除去するためには、施策に影響を受ける企業・車種とそうでない企業・車種が外生的に（あたかも無作為に）振り分けられている必要がある。しかし、日本のエコカー減税・補助金の場合、燃費基準を超過している車種に一樣に同じ減税率・補助金額が設定されていたため、施策の効果とそれ以外の効果を識別することが困難と考えられる

図1 エコカー減税・補助金のCO₂削減効果



注：y軸の値はエコカー補助金・減税が実施されなかった場合と比較した変化率。

のである。制度・施策が企業の商品・技術戦略に与える影響は、実証産業組織と呼ばれる分野の最先端の研究課題であり、今後更なる知見の蓄積が期待される。

第2に、環境経済学では古くから「リバウンド効果」の存在が知られている。「リバウンド効果」とは、エネルギー効率の良い耐久消費財の購入が、価格効果ないし所得効果を通じて、逆にエネルギー需要を増加させてしまう現象を意味し、古くから指摘されている現象である。現在の文脈でいうと、仮に新税によって環境性能車の販売が促進され販売ミックス効果が販売台数効果を上回ったとしても、消費者が燃費効率の良い自動車をより頻繁に利用することになってしまい、環境への正の効果を相殺してしまう可能性を意味している。同論文では、自動車の利用頻度（走行距離）が購入する車種の燃費効率に依存せず固定的と仮定されているため、リバウンド効果の可能性を排除してしまっている。

第3に、政策効果の推計結果は、当然ながら、価格弾力性・交差弾力性の推定値に大きく左右されるが、同論文の推定結果では、軽自動車の価格弾力性が普通乗用車（特にハイブリッド車）よりも低いという直観に反する推定結果も示されていた。経済理論上、所得の低い消費者は、価格の安い軽自動車を購入する傾向にあるため、軽自動車の価格弾力性は高くなるはずである。さらに詳しく議論するため、便宜上、この問題を「価格

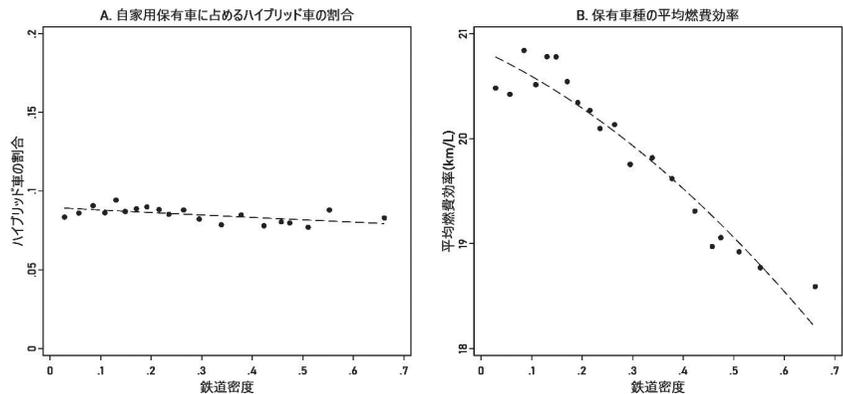
弾力性パズル」と呼ぶことにしよう。

次節では、後者2点に関して、筆者らによる家計レベルの個票データを利用した興味深い研究結果を紹介する。

自動車保有・走行距離への効果

「価格弾力性パズル」について議論する前に、図2を見てみよう。この図は、2016年に実施したインターネット調査から得られた約10万件の個票データをもとに、各家庭が保有している自家用自動車におけるハイブリッド車の比率と燃費効率を、居住地における公共交通網の密度を表わす指標に対してプロットしたものである。左図から、新車販売におけるハイブリッド車の比率と比べ、保有台数におけるハイブリッド車の比率はまだまだ小さいことが分かる。さらに重要な点は、公共交通網の密度が減少するにつれ、保有自動車の燃費効率は大幅に上昇する一方、ハイブリッド車の保有率はほぼ横ばいとなっていることである。なぜこのようなことが起こるのであろうか？ 公共交通網のアクセス・利便性が低い非都市部では、自動車をより頻繁

図2 鉄道密度と保有車種の関係



注：燃費効率およびハイブリッド車の比率はいずれも、最も使用頻度の高い2台の保有自動車の平均値を使用している。鉄道密度は、国土交通省の国土数値情報サービスから鉄道駅および鉄道路線に関するGISデータを入力し指標化したもの。バスの停留所・路線に関しては、地域間のバリエーションが低く車種保有の説明力が低いため除外している。

に利用するため燃費効率の高い車の需要が高いはずであり、実際、右図はそれを示している。では、非都市部ではハイブリッド車の代わりに何が需要されているのか？ 実は、非都市部では軽自動車の保有率が極めて高いのである（約30～40%）。ここに、価格弾力性パズルを解くヒントがある。もし非都市部に住む所得の低い消費者が、都市部に住む所得の高い消費者に比べ、十分に高い走行需要を持ち、燃費効率の良い軽自動車を（非弾力的に）需要しているならば、軽自動車の価格弾力性が低くてもおかしくないのである。

筆者らは、このような仮説を検証するために、上述の個票データをもとに、所得効果、公共交通網効果、ポートフォリオ効果の3つを明示的に考慮した離散連続選択モデルを推定した（Konishi-Managi, 2019）²。推定パラメータにもとづき推計された価格弾力性が表に示されている。推定結果は上記仮説と極めて整合的である。鉄道密度が低い非都市部は、鉄道密度の高い都市部に比べ、価格弾力性が高い傾向にある。これは、非都市部と都市部の所得の違いによる価格弾力性の違いを反映しており経済理論と整合的である。しかし、同じ地域で比較した場合、高額なハイブリッド車に比べ軽自動車の価格弾力性が一様に低いことが分かる。即ち、軽自動車を保有している人々は、低額でかつ燃費の良

い軽自動車を非弾力的に需要していることが分かる。よって、市場レベルの販売データから観察される非直観的な価格弾力性パズルは、実は経済原理とも整合的であることが家計レベルの実証分析から確認できるのである。

表には1km当たりの燃費に対する自動車利用（月間平均走行距離）の価格弾力性の推定値も示されている。理論上、リバウンド効果の大きさはこの弾力性の大きさに依存し、弾力性の絶対値が1を超えてしまうと、リバウンド効果が低燃費車促進効果を完全に相殺してしまうことを意味する³。推定された弾力性は0.19～0.29と米国の弾力性（0.5～0.7程度；Bento *et al.*, 2009）と比べ低めである。したがって、日本の文脈ではリバウンド効果は心配するほど小さくなく、燃費の良い環境性能車への代替を促すことでCO₂削減効果を期待できることが分かる。よって、同推定結果を信用するのであれば、政策デザイン上、台数効果を抑えることの方が重要であることになる。しかし、自動車利用の価格弾力性の推定は内生性への対処が難しく、多くの場合、推定値にバイアスがあることが知られている。筆者らの分析に関しても、制御関数法を利用するなど一定の対処はしているが、一時点の家計データを利用しているため、内生性への対処は不十分である可能性があり、真のリバウンド効果は推定値より大きい可能性も否定できない。

では、販売台数効果とリバウンド効果を抑えるためには、どうすればよいのだろうか？ この問いに対する教科書的な解は、排ガス・温暖化ガスの社会的費用を反映させたガソリン税である。しかし、人口減少の予想される日本において、経済活動の更なる抑制や交通弱者を助長するような政策は必ずしも望ましくないかも知れない。そこで期待される方策の1つが、シェアリング・エコノミーの活用である。初期コス

表 自動車保有・利用の価格弾力性

	鉄道密度				
	第5分位 (最低位)	第4分位	第3分位	第2分位	第1分位 (最高位)
I. 自動車保有(車種別保有)					
ハイブリッド車	-1.304	-1.081	-0.813	-0.543	-0.347
軽自動車	-1.037	-0.883	-0.609	-0.377	-0.224
II. 自動車利用(月間走行距離)					
	-0.295	-0.276	-0.255	-0.227	-0.192

注：推定値はいずれも1%水準で統計的に有意。

トが高いが（社会的費用を含む）利用コストが低い次世代自動車を共同保有（カーシェア）ないし共同利用（ライドシェア）することで、人々の交通需要を満たしながら、自動車交通の温暖化ガスを含む社会的費用を大幅に削減できる可能性がある。現在、カーシェアリングの利用率はとても低く、全国レベルのデータとして観察できないため、カーシェアリングの政策効果を厳密に推計することは困難である。しかし、仮にカーシェアリングを「保有コストを $1/n$ に抑制する代わりに利用から得られる効用水準を $1/n$ に引き下げるサービス」として定義した場合、筆者らのモデルの推定パラメーターを使って、その潜在的需要を測ることができる。筆者らの推計では、そのようなサービスへの潜在需要は、所得が相対的に低く公共交通網への利便性が限られている非都市部の方が高く、かつエコカー優遇施策より効果的にCO₂を削減する可能性を示している。

おわりに

本稿では、自動車由来のCO₂排出削減施策に関する2つの実証研究を紹介した。これらの研究結果は、日本のエコカー優遇施策が十分なCO₂削減効果を持たなかったことを示している。我々が近い将来直面する人口減少・超情報化社会においては、より資源節約的で実効性のある制度設計が不可欠となる。研究者と実務担当者との協働することで、そのような制度設計が可能となるよう期待したい。

<注>

- 1 一部の識者の中には、このようなインセンティブ税制は単に購買のタイミングをずらす効果のみを持ち、実質的な自動車保有需要には影響を与えないため、台数効果は考慮せずに販売ミックス効果のみ考慮すれば良いと考え

る向きもある。確かに、施策がごく短期間に行われていた場合、施策に反応する消費者は限定的であり、元々購入・買替を考慮していた人のみが反応するかも知れない。しかし、日本のエコカー補助金・減税は中・長期に渡って行われた施策であり、保有意欲がなかったような消費者の潜在需要を喚起した可能性の方が高い。実際、2000年初頭には人口に比例して頭打ち傾向であった保有台数は、2009年以降に増加基調に転じている。

- 2 「ポートフォリオ効果」とは、家計が2つ以上の耐久財を保有する際に、2つの財の代替性・補完性を考えて意思決定を行う効果のことを意味する。例えば、自動車の場合には、小回りの利く軽自動車を日常的に使用する車とし、多くの家族を乗せられるミニバンを旅行用に保有するなどといった「ポートフォリオ効果」があると考えられており、実際、筆者らの推定結果もその重要性を示唆するものとなっている。
- 3 燃費（= km/lの逆数）を e 、ガソリン価格を p_g とすると走行1単位当たりの燃料コストは $p=p_g e$ となる。また、走行距離を v 、ガソリン消費量を g とすると、保有車種の燃費の変化がガソリン消費量に与える効果は次のように表される。

$$\frac{dg}{de} = v + \frac{dv}{dp} p$$

よって、弾力性 $(dv/dp)(p/v)$ の絶対値が1以上であれば、燃費効率の上昇（ e の減少）は走行距離の増加を通じてガソリン消費量を純増させてしまう。

<参考文献>

- Bento, A. M., Goulder, L. H., Jacobsen, M. R., & von Haefen, R. H. (2009) Distributional and Efficiency Impacts of Increased US Gasoline Taxes. *The American Economic Review* 99(3), 667-699.
- Berry, S., Levinsohn, J., and Pakes, A. (1995) Automobile Prices in Market Equilibrium. *Econometrica* 63(4), 841-890.
- Jaffe, A. and Stavins, R. (1994) The Energy Paradox and the Diffusion of Conservation Technology. *Resource and Energy Economics*, 16, 91-122.
- Konishi, Y. and Zhao, M. (2017) Can Green Car Taxes Restore Efficiency? Evidence from the Japanese New Car Market. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists* 4(1): 51-87
- Konishi, Y and Managi, S. (2019) Green Sharing and Spatial Distribution of Automobile Demand: The Role of Income, Public Transit, and Portfolio Considerations. Working paper available at <http://applied-economics.org/research>.

（こにし よしふみ

筑波大学システム情報系社会工学域准教授）