

自動車エンジン技術の改良によるエネルギー消費のリバウンド効果

広島大学 学生会員 ○田中 暢人

広島大学 正会員 張 峻屹

広島大学 正会員 藤原 章正

1. 背景

近年、世界的な省エネルギー化の潮流や逼迫した環境問題の側面から、具体的なエネルギー削減目標の設定とその実行は急務となっており、様々な対策が講じられている。その 1 つとして、ガソリン乗用車の燃費改良や電気自動車 (EV) などのエネルギー効率に優れる次世代自動車の普及による対策がある。実際、乗用車の燃費は年々改善されているが、旅客部門全体のエネルギー消費量に占める乗用車の割合は 1965 年度の 63.7%から 2009 年度では 85.9%へと上昇した¹⁾。この上昇傾向には様々な原因が考えられるが、その 1 つとしてリバウンド効果が燃費技術向上の省エネルギー効果を阻害している可能性が指摘されている。リバウンド効果とは、エネルギーの効率向上による経済的便益によって、消費者がこれまでよりもエネルギーの消費行動を活発化させる現象のことである。リバウンド効果が原因で、技術進歩により燃費効率が上がっても、本来予想されていたガソリン消費削減量の一部が相殺されてしまうといった結果につながってしまう。したがって、省エネルギー化の実際の効果を知るためにはリバウンド効果の影響を同時に考慮することが必要である。

2. 研究目的

既往研究²⁾において、自動車の燃費改良によるリバウンド効果は、自動車の利用増加などの直接的なリバウンド効果に加えて、家電の利用増加などの間接的なリバウンド効果があることが示されている。よって、消費者が自動車の燃費改良によって節約した金銭の使い方には複数のパターンがあると考えられる。そのパターンにより、それぞれに必要な対策も異なると考えられるため、本研究では節約金銭の分配パターンを似た属性同士でグルーピングし、どのようなメカニズムや影響要因で各々のグループに分かれるのかを検証していく。また、現在のエネルギー消費行動と関連づけ、リバウンド効果を評価することで、見直すべき消費者のライフスタイルを指摘し、省エネ政策の立案に向けた方向性を示すことを本研究の目的とする。

3. 世帯エネルギー効率性に関する調査について

本研究では、2012 年に広島大学大学院国際協力研究科交通工学研究室が実施した「エネルギー効率性に関する

SP-off-RP 調査」から得たデータを用いる。同調査では、まず、回答者個人ごとの実際のエネルギー消費状況 (電気代など)、家電保有・利用状況 (使用時間など)、自動車保有・利用状況 (利用頻度など) や居住選択、居住環境 (住居形態など) を尋ねる。次に、回答者個人ごとの実際の自動車の保有・利用状況をもとに、ガソリン車の燃費改善と EV/PHEV 車への買い替えといった 4 つの自動車エンジン技術の改良シナリオ ((1)現在保有している自動車の燃費が 1.5 倍改良 ; (2)現在保有している自動車の燃費が 2 倍改良 ; (3)電気自動車に乗り換え ; (4)プラグインハイブリッド車に乗り換え) に沿って節約金額を計算する。最後にその節約金額を回答者に提示し、回答者はどのようにそれを分配するかについて、以下の 12 の選択肢から 1 つかそれ以上を選ぶという形で回答する。

- ① 走行距離を増やすために使いたい
- ② 自動車利用頻度を増やすために使いたい
- ③ 1 台以上の車を購入するために使いたい
- ④ エアコンの使用時間を伸ばすために使いたい
- ⑤ 冬季に暖房温度をより高めに設定したい
- ⑥ 夏季に冷房温度をより低めに設定したい
- ⑦ 自宅のドアや窓の断熱機能を強化するために使いたい
- ⑧ 今の冷蔵庫をより効率の良いものに買い替えたい
- ⑨ 今のテレビをより効率の良いものに買い替えたい
- ⑩ 今の温水システムを効率の良いものに買い替えたい
- ⑪ 他の家電に使いたい
- ⑫ 他の使い道にあてたい (例 : 貯金、娯楽)

調査は民間調査会社の協力を得てウェブ上で実施され、20~69 歳の男女 500 名の自動車保有者から有効回答を得た。1 人に対して 4 つのシナリオを想定していたため本分析で使うサンプル数は 2,000 サンプルである。

4. リバウンド効果の評価

まず、リバウンド効果の視点から上記の SP 調査部分の 12 の選択肢を以下の 3 つの部門に分ける。

部門 (1) : 直接的リバウンド効果に関する選択肢

(車利用などの交通部門への利用)

部門 (2) : 間接的リバウンド効果に関する選択肢

(家電利用などの居住部門への利用)

部門 (3) : リバウンド効果なしに関する選択肢

(貯金、娯楽など一般的な部門への利用)

次に、上記のそれぞれの部門における SP の選択結果

を集計する。その結果、直接的リバウンド効果を起こしている回答は全体の 8%, 間接的リバウンド効果を起こしている回答は全体の 22%, 直接的リバウンド効果と間接的リバウンド効果の両方を同時に起こしている回答は全体の 3%であることがわかった。

個人レベルでいうと、以上の 3つのグループにある選択肢のすべて (12 個) を選ぶことが可能である。12 選択肢のままでも選択モデルの構築は可能であるが、リバウンド効果を分かりやすく計測するため、回答傾向から判断し、12 選択肢を以下の 4つのグループにまとめた。

- グループ①: 3つの部門のうち複数の部門に分配
 - グループ②: 部門(1)のみに分配(直接的リバウンド効果)
 - グループ③: 部門(2)のみに分配(間接的リバウンド効果)
 - グループ④: 部門(3)のみに分配(リバウンド効果なし)
- 以上のようなグルーピングのもと、それぞれの分配パターンに分かれるメカニズムを検証する。今回は 2つのモデル構造を仮定した。

まず、1つ目に仮定したモデル構造を図-1 に示す。間接的分配の項目を 1つ以上選択しているサンプルに共通の属性が存在すると考え、直接的リバウンド効果のグループとそれ以外で分岐するモデル構造になっている。

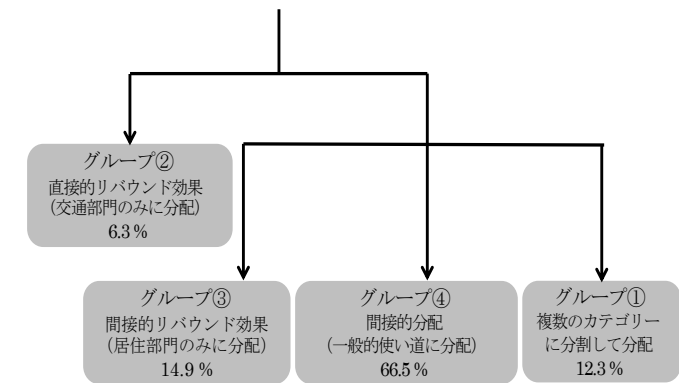


図-1. 世帯選択行動モデル - モデル構造①

2つ目に仮定したモデル構造を図-2 に示す。1つの部門に集中的に金銭を分配するサンプルに共通の属性があると考え、複数部門に分配するグループとそれ以外で分岐するモデル構造になっている。

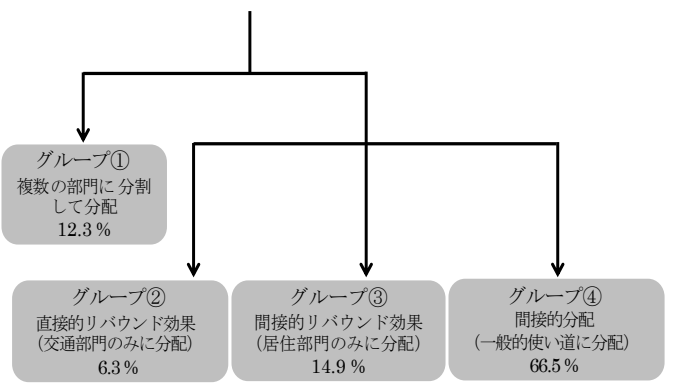


図-2. 世帯選択行動モデル - モデル構造②

上記の 2つの階層型モデル構造を表現するため、確率効用最大化原則に基づくネスティッドロジットモデルを使って世帯選択行動モデルを構築し、リバウンド効果の影響要因およびその大きさを分析する。ネスティッドロジットモデルにおいて、下層の選択が上層に与える影響の大きさを示すログサム変数のパラメータ値が 0~1 の間するとき、確率効用最大化原則に従うモデル構造として正しいといえる。今回想定した 2つのモデル構造のログサム変数のパラメータ値と自由度調整済み尤度比の推定結果を表-2 に示す。モデル構造②のログサム変数パラメータ値は 1 を大きく上回っていることから、モデル構造として正しくない。一方でモデル構造①はログサム変数パラメータ値が 0~1 の間で、自由度調整済み尤度比も比較的高いことから、節約金額の分配メカニズムの実態を捉えた構造であるといえる。以降、モデル構造①の推定結果 (表-3) について考察を加える。

表-2. モデル構造の妥当性の検討

	モデル構造①	モデル構造②
自由度調整済み尤度比	0.294	0.070
ログサム変数パラメータ	0.214	3.806

表-3. モデル構造①の推定結果

変数	グループ	推定値	t値
収入	[1]	-0.0043	-0.992
収入	[2]	0.0287	0.919
収入	[3]	-0.0012	-0.299
家族人数	[1]	-0.0042	-0.491
家族人数	[2]	-0.0773	-0.479
家族人数	[3]	-0.0221	-1.453
節約金額	[1]	-0.0006	-2.981 **
節約金額	[2]	-0.0005	-0.495
節約金額	[3]	-0.0001	-0.635
現在の自動車利用頻度 (回/月)	[2]	0.0041	0.589
現在の自動車利用頻度 (回/月)	[3]	-0.0006	-0.858
排気量 (cc)	[2]	0.0479	3.500 **
燃費 (km/L)	[2]	0.0180	1.129
エアコン台数 (台)	[2]	-0.1980	-2.559 **
エアコン台数 (台)	[3]	-0.0065	-0.601
現在の冷房時間 (時間/日) (夏)	[3]	-0.0103	-2.266 *
暖房能力 (kw)	[3]	0.0066	2.150 *
現在のテレビ平日視聴時間 (時間/日)	[3]	0.0082	1.730 +
現在の電気代 (円/月)	[3]	0.0073	1.696 +
現在のガソリン代 (円/月)	[2]	0.0135	0.836
持ち家ダミー	[3]	0.1821	2.625 **
建築年数 (年)	[3]	-0.0247	-2.183 *
最寄駅までの距離	[2]	-0.0270	-0.380
最寄りの商業施設までの距離	[2]	0.2203	2.697 **
定数項	[1]	-0.2514	-2.539 *
定数項	[2]	-4.1948	-6.480 **
定数項	[3]	-0.3044	-2.414 *
ログサム変数パラメータ		0.2144	3.492 **
初期尤度			-2467.6
対数尤度			-1715.1
尤度比			0.305
自由度調整済み尤度比			0.294
サンプル数			1780

*** 1%有意 * 5%有意 + 10%有意

節約金額に関してはグループ 1 が有意となっており、パラメータ値はグループ 4 に対して負となっている。これは、節約金額が大きくなるほど、貯金、娯楽などの一

一般的な使い道に分配する選択確率が上がるということである。つまり、消費者が金銭を分配する上で、その節約金額が多くなるほど、リバウンド効果を起こさない選択確率が上がる。また、グループ2の排気量はパラメータ値が正となっている。これは、排気量の多い自動車を利用している消費者ほど将来さらに自動車に金銭を分配しようとする傾向にあるということである。グループ3の平日のテレビ視聴時間と電気代のパラメータ値は正になっている。これは、家電利用の多い消費者ほど、将来さらに家電に金銭を分配しようとするということである。エアコンに関しては、パラメータ値は負となっており、この原因として考えられるのは、エアコンは他の家電に比べ消費電力が高く、電気代が多くなるため、家電の中でも必要以上の利用は避けようとする節約意識を持っているからだと考えられる。グループ3において、持ち家ダミーと建築年数のパラメータ値は正となった。持ち家であれば、同居する家族が多く、居住スペースも広いと予測されるため、家電などの居住部門へのエネルギー消費は大きくなるからだと考えられる。建築年数に関しては、建築年数が長い住宅、つまり、古い住宅ほど家電に関しても、長い間買い替えておらず、エネルギー効率の悪い家電を現在でも使用しているため、居住部門に金銭を分配しようとする傾向が強いと考えられる。最寄りの商業施設までの距離は正となっている。これは、商業施設までの距離が遠い人ほど、自動車へ金銭を分配しようとする人の割合が高いということである。これは生活していく上で買物は必須で、普段から利用する場所であるから、より便利にアクセスできる自動車に金銭を分配しようとする人が多いからだと考えられる。

表3の推定結果をもとに、統計的に有意になった変数を取り上げ、それぞれの変数の値が変化することによるリバウンド効果のがどのように変化するかを把握するため、シミュレーション分析を行った。その結果、大きく変化の見られた変数は、節約金額、排気量、最寄りの商業施設までの距離であった。まず、節約金額の大きさによるリバウンド効果について、グループ①～④の選択確率の変化を図3に示す。節約金額が大きくなるほど、複数の部門に金銭を分配する確率は下がり、その分、リバウンド効果を起こさない選択の確率が上がっていることがわかる。複数の部門に金銭を分配する人は少なくとも1つ以上はリバウンド効果の項目を選択している分配パターンである。よって、さらに燃費改良が進み、それによる節約金額が大きくなればなるほど、リバウンド効果により相殺されるエネルギー消費削減量の割合は小さくなることがわかる。排気量によるリバウンド効果に関する各グループの選択確率の変化を図4に示す。直接的リバウンド効果のみを起こす選択の確率が、排気量が多くなるにつれて、大幅に上がっており、660ccと

3000ccの排気量では、その選択確率に約3倍の違いがある。一方で、リバウンド効果を起こさない選択の確率は大幅に下がっている。よって、自動車の排気量が多くなるほど、直接的リバウンド効果を起こす人の割合が高くなることわかる。最寄りの商業施設までの距離によるリバウンド効果に関する各選択の確率の変化を図5に示す。距離が長くなるにつれ、直接的リバウンド効果を起こす選択確率が急激に上がっており、その距離が200mの場合と21kmの場合では、その選択確率に約15ポイントも差があることがわかる。一方で、リバウンド効果を起こしていない選択確率は大幅に下がっている。

4. まとめ

本研究で実施したSP-off-RP調査から得たデータを使ったモデル分析の結果、自動車エンジン技術の改良によって節約された燃料消費額の再分配について、自動車利用への直接的分配とそれ以外への配分という階層型意思決定メカニズムが働くことを明らかにした。シミュレーション分析の結果、リバウンド効果の抑制策に向けた方向性としては、現在日本で導入されていて排気量別でその金額が段階的にかわる自動車税は直接的リバウンド効果の抑制に一定の効果がある。また、将来一層の燃費改良及び商業施設との近接性を向上させることはリバウンド効果を抑制する可能性があることを示した。

- リバウンド効果を起こさない選択確率
- 間接的リバウンド効果のみを起こす選択確率
- 直接的リバウンド効果のみを起こす選択確率
- 複数の部門に分配する選択確率（1つ以上リバウンド効果の項目を選択）

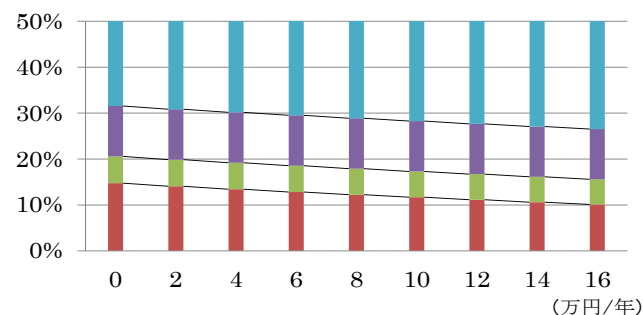


図3. 「節約金額」からみたリバウンド効果の変化

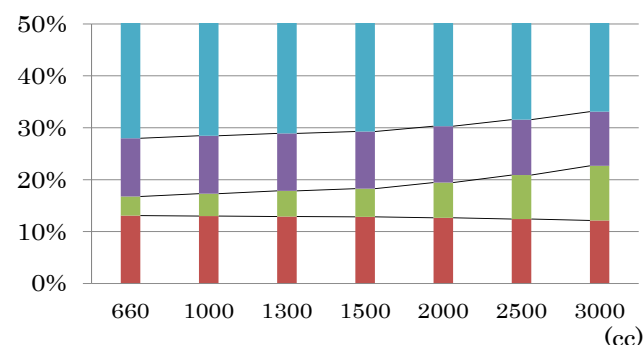


図4. 「排気量」からみたリバウンド効果の変化

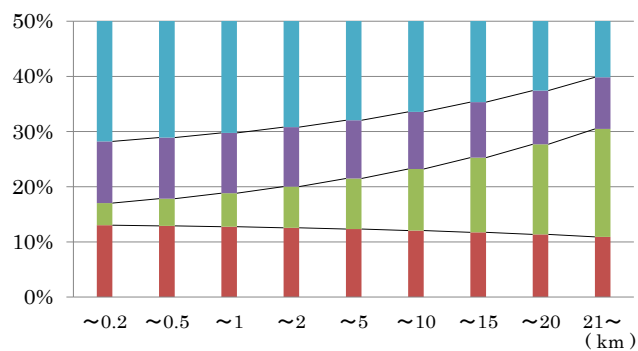


図-5. 「最寄りの商業施設までの距離」からみた
リバウンド効果の変化

参考文献

- 1) 資源エネルギー庁「エネルギー白書 2012」
<http://www.enecho.meti.go.jp/topics/hakusho/2012energy.html/2-1-2.html>
- 2) Biying Yu, Junyi Zhang, Akimasa Fujiwara (2013)
Rebound effect of vehicle efficiency improvement an
analysis based on an SP-off-RP survey. Transportation
Research Part D: Transport and Environment, 24, 62–68.