

Can Green Car Taxes Restore Efficiency? Evidence from the Japanese New Car Market

小西 祥文(上智大学:主著)

趙(小西)萌(学習院大学)

研究の背景・目的

- 交通・運輸部門は、世界全体の二酸化炭素排出量の約23%を占める。そのうち、約72%が自動車(乗用・貨物)からの排出量(IPCC, 2014)。
- 理論上はガソリン税が最も効率的な政策と考えられるが…
 - ガソリン税の逆進性 → これ以上の増税は政治的に困難？
 - 車種選択の際に、消費者は必ずしも燃費節約の経済価値を適正に評価しない可能性(e.g., Allcott-Wozny, REStat, 2014; Busse et al., AER, 2013)
 - 自動車産業は不完全競争市場 → 市場均衡は必ずしも社会的最適解に対して過剰生産であるとは限らない。
- ガソリン税や燃費規制の代替政策として「Feebates(フィーベイト)」政策が学術的・政策的に注目されてきている。
(Anderson *et al.*, 2011, Symposium on Transportation and Environment; Adamou *et al.*, EJ, 2013; Klier and Linn, AEJ:EP, 2015; D'Haultfoeuille *et al.*, EJ, 2014; Gillingham, WP2013; Roth, WP2014) (France's bonus/malus program, Germany's car tax reform, Japan's ecocar program, Sweden's green car rebate program)

研究の背景・目的

- Feebatesとは？

環境に優しい製品に対してリベート(Rebate)を与え、そうでない製品に対して課徴金(Fee)を課すことで、環境に優しい消費・投資を促す政策.

⇒ 車種価格に直接影響を与える事が出来るので、消費者の非最適な車種選択を是正できる.

⇒ 差別化された車種が競合する自動車市場で、不完全競争による非効率性を是正する Corrective Instruments として利用できる.

⇒ ガソリン税と異なり Intensive Margin (ガソリン消費)に直接影響を与える事は出来ない.

- リサーチ・クエスチョン:

車種レベルの消費者需要(消費者の異質性)を考慮しながら、①不完全競争による非効率性の是正と② Feebates 本来の目的(エコ消費の促進)を同時に達成するよう Feebates をデザインする事が可能か？

研究方法 (Road Map)

- 日本のエコカー補助金・減税政策(2009～)がFeebates政策と似ている点、疑似実験的な構造を操作変数として利用できる点に注目.
- Berry-Levingsohn-Pakes (BLP) 手法 → 車種レベルの消費者需要の構造推定
 - 市場レベルのデータ
 - ランダム係数ロジット (IIA特性(仮定)の問題点)
 - 観察できない製品属性による価格の内生性
- BLP手法によって推定された車種レベルの需要関数・限界費用を利用して、次のような(Second-bestの)最適化問題を解く.

$$\max_{\tau} TS(\mathbf{p}(\tau), \tau; \hat{\theta}) \quad s.t. \quad TR(\mathbf{p}(\tau), \tau; \hat{\theta}) \geq \overline{TR}.$$

* Feebates政策(τ)に対するBertrand競争の市場均衡 $\mathbf{p}(\tau)$ を明示的に解く.

* 次元数=150~160×四半期数の非線形最適化問題.

⇒ 税率 τ をObservableな車種属性(マークアップ, CO₂排出率)の線形関数として近似.

研究の対象期間・データ

	Control Period	ETC + ES ₁	ETC Only	ETC + ES ₂
データ分析期間	2007/1			2012/12
エコカー補助金		2009/4	2010/9	2012/1
エコカー減税(重量税)		2009/4		2012/4
エコカー減税(取得税)		2009/4		2012/3
エコカー減税(自動車税)				2012/3

- データ分析期間：2007～2012(軽自動車とハイブリッドカーの車種別販売台数利用可)
- 観察単位：国内の四半期別・車種別販売台数(3703 obs.)
 - ハイブリッドカーは別車種として扱う(例：ホンダ シビック ハイブリッド)。
 - トラック・バス(商用車)及び輸入車は含まない。
- 主なデータソース：
 - 販売台数：日本自動車販売協会連合会(JADA), 日本自動車部品協会(JAPA)
 - 価格・車種属性：Carsensor.Net
 - その他：内閣府, 資源エネルギー庁, 国立社会保障・人口問題研究所

BLPモデル (ECTA, 1995)

- 消費者: ランダム係数ロジット

- 各期 t の家計 i が車種 j を選択することから得られる間接効用:

$$u_{ij} = \alpha_i (y_i - p_j^e) + x_j \beta_i + \xi_j + \varepsilon_{ij} \quad (1)$$

- 所得(価格)・車種属性 k から得られる限界効用(係数 $\alpha \cdot \beta^k$):

$$\alpha_i = \alpha + \sigma^p v_i^p; \quad \beta_i^k = \beta^k + \sigma^k v_i^k$$

(v_i^k = 観察することの出来ない家計属性; 価格に関しては対数正規分布 (Train, 2003)、その他は正規分布)

- 「Outside Option (= 購入しない)」場合の効用(モデルを閉じる必要):

$$u_{i0} = \alpha_i y_i + \sigma_0 v_i + \varepsilon_{i0}$$

⇒ ε_{ij} をタイプ I 極値分布の i.i.d. と仮定する. → 車種 j の市場シェア:

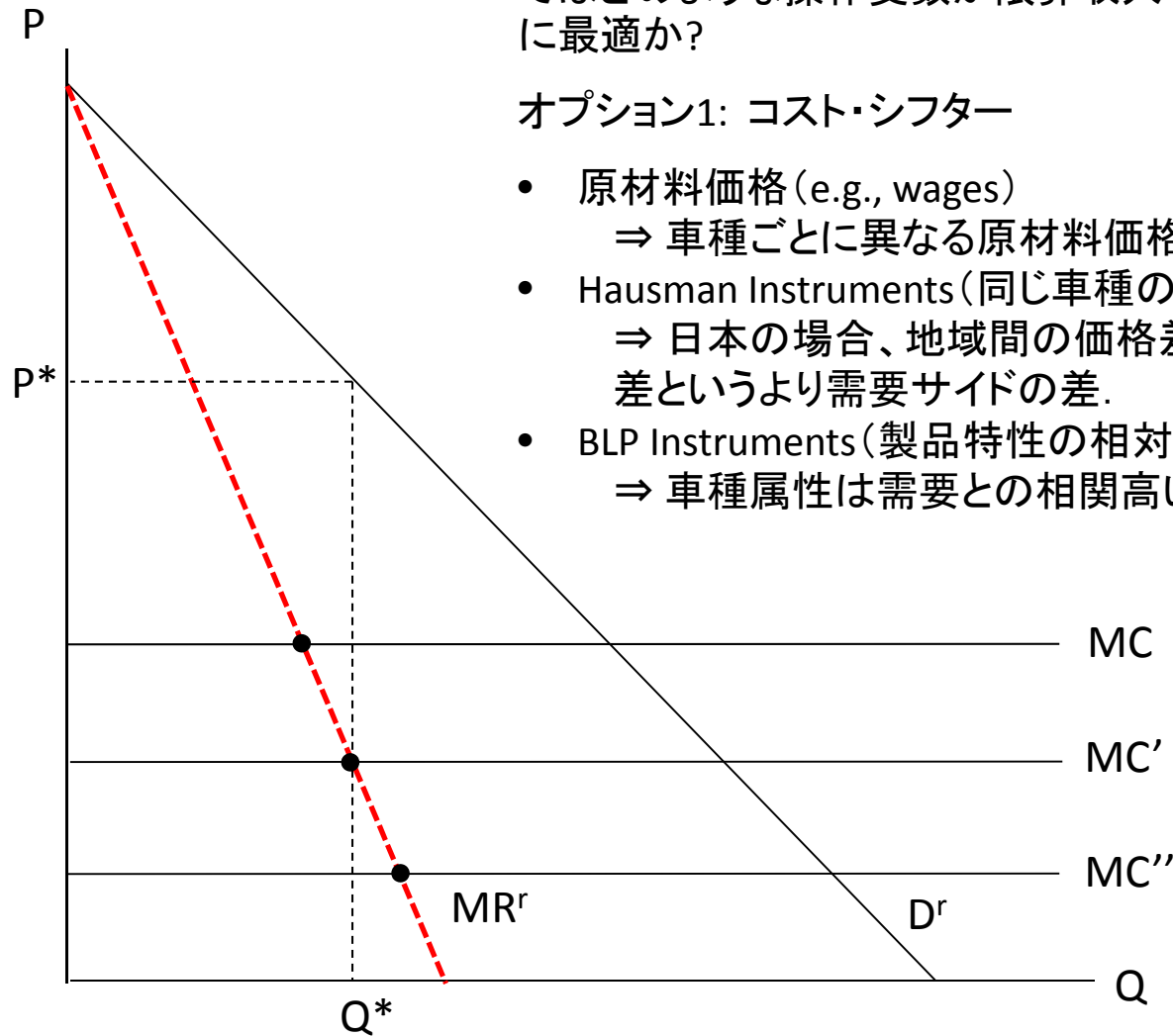
$$s_j = \int \frac{\exp(u_{ij})}{1 + \sum_{r=1}^{J_t} \exp(u_{ir})} P(di)$$

既往研究の識別方法

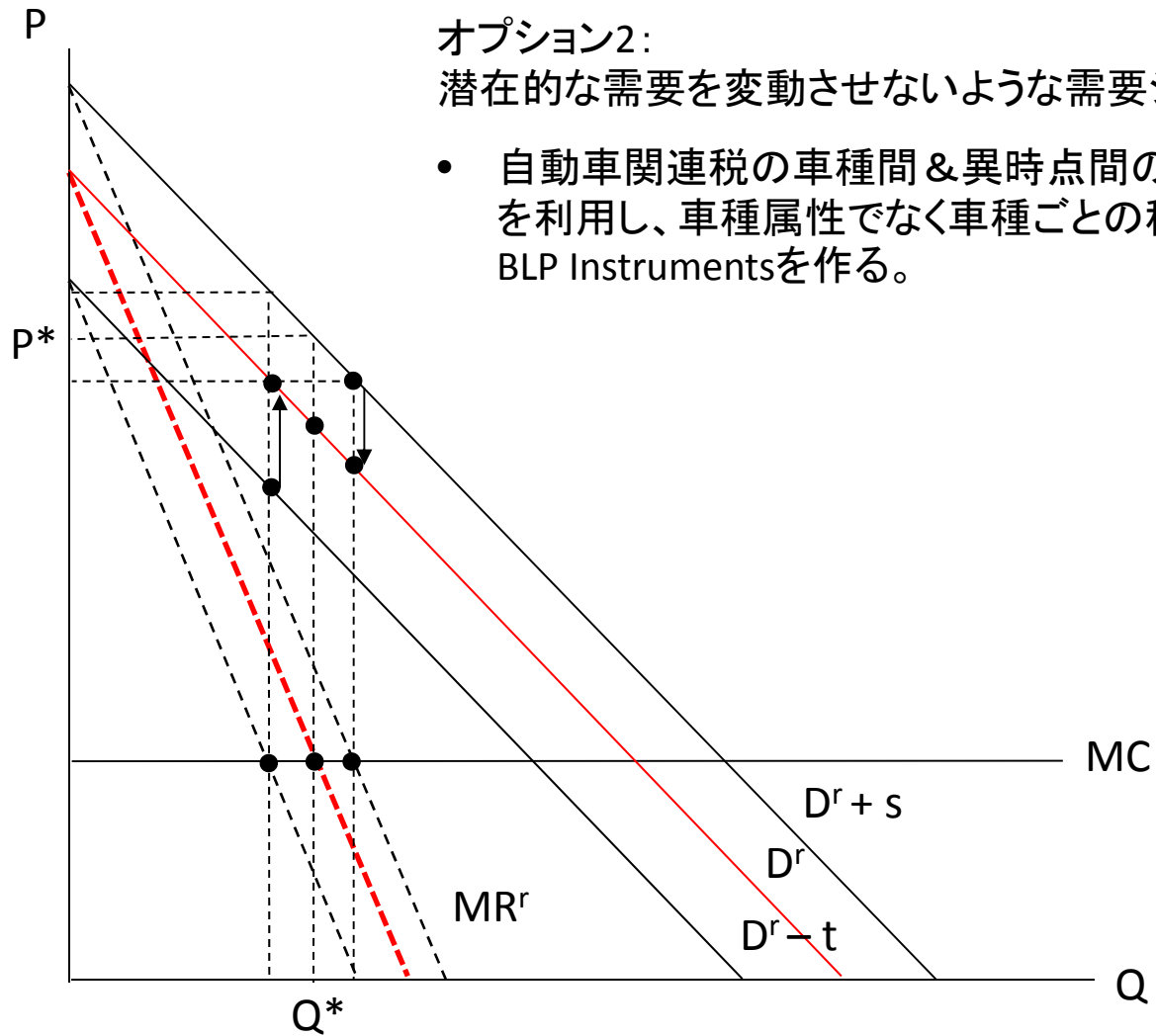
ではどのような操作変数が限界収入(需要)関数の推定に最適か?

オプション1: コスト・シフター

- 原材料価格 (e.g., wages)
⇒ 車種ごとに異なる原材料価格の入手困難.
- Hausman Instruments (同じ車種の地域間価格差)
⇒ 日本の場合、地域間の価格差は供給サイドの差というより需要サイドの差.
- BLP Instruments (製品特性の相対的位置関係)
⇒ 車種属性は需要との相関高い可能性.



本研究の識別方法

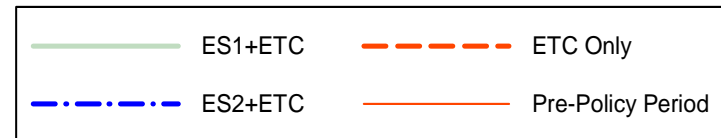
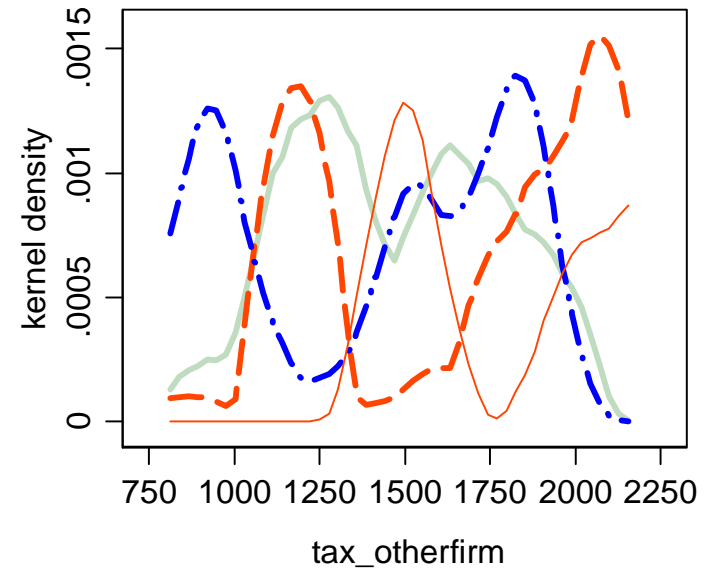
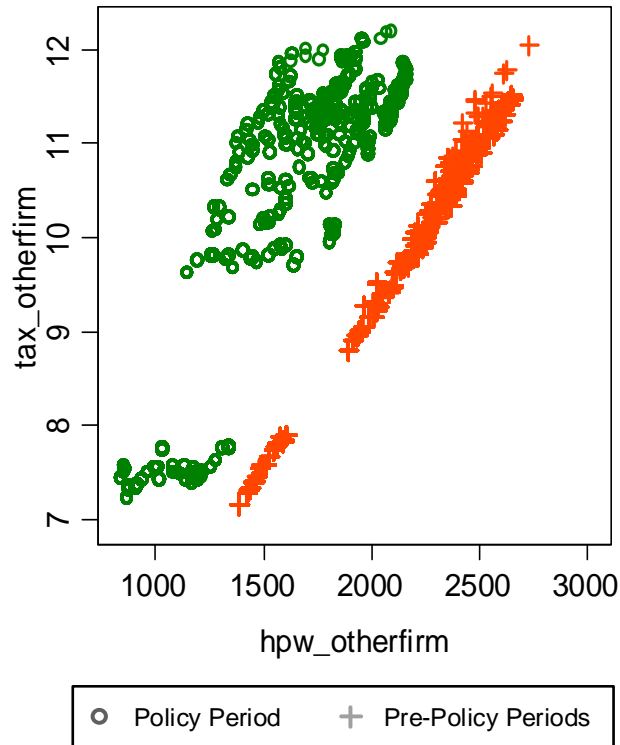


オプション2:

潜在的な需要を変動させないような需要シフター

- 自動車関連税の車種間 & 異時点間のバリエーションを利用し、車種属性でなく車種ごとの税額を使った BLP Instruments を作る。

既往研究と本研究の操作変数の違い



`hpw_otherfirm` = 他社の車種のHP/Weight(≒加速度)を全て足し合わせた変数.
`Tax_otherfirm` = 他社の車種の税額を全て足し合わせた変数.

多項(操作変数)ロジットの推計結果

	OLS Logit				IV Logit			
	(I)	(II)	(III)	(IV)	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
Constant	-17.1314 *** (0.5567)	-21.0986 *** (0.6717)	-21.4549 *** (3.7046)	-18.4343 *** (0.5841)	-17.3291 *** (1.2240)	-22.6680 *** (0.9927)	-21.7701 *** (0.6953)	-21.8887 *** (0.8040)
Price	-0.0045 *** (0.0002)	-0.0042 *** (0.0003)	-0.0154 * (0.0092)	-0.0078 *** (0.0004)	-0.0050 * (0.0028)	-0.0142 *** (0.0038)	-0.0085 *** (0.0004)	-0.0093 *** (0.0025)
HP/Weight	1.8893 * (1.0528)	4.4348 *** (1.1654)	35.6327 (28.3791)	12.0581 *** (1.3978)	3.4322 * (8.5773)	33.8305 *** (11.2386)	17.0132 *** (1.4580)	19.2347 *** (7.4023)
MPY	0.1599 *** (0.0093)	0.2303 *** (0.0130)	0.1564 *** (0.0126)	0.1588 *** (0.0096)	0.1597 *** (0.0093)	0.0582 (0.0671)	0.1566 *** (0.0143)	0.1436 *** (0.0449)
Size	0.0003 *** (0.0000)	0.0007 *** (0.0001)	0.0008 ** (0.0004)	0.0005 *** (0.0000)	0.0004 *** (0.0001)	0.0010 *** (0.0001)	0.0009 *** (0.0001)	0.0009 *** (0.0001)
AT/CVT	0.9180 *** (0.1179)	0.7066 *** (0.1186)	1.4054 *** (0.4376)	1.0649 *** (0.1220)	0.9403 *** (0.1701)	1.3489 *** (0.2812)	0.9814 *** (0.1239)	1.0299 *** (0.2022)
Location IVs used	---	---	Characteristics	Taxes	Taxes + Characteristics	Characteristics	Taxes	Taxes + Characteristics
Overidentification Tests								
Sargan χ^2 (p-values)	---	---	8.0013 (0.3325)	1.2162 (0.5444)	16.7479 (0.0528)	7.3639 (0.3920)	1.2659 (0.5310)	14.4740 (0.1064)
Basman χ^2 (p-values)	---	---	7.9536 (0.3367)	1.2084 (0.5465)	16.6786 (0.0540)	7.3148 (0.3969)	1.2571 (0.5334)	14.3974 (0.1089)
# of Obs.	3,703	3,703	3,703	3,703	3,703	3,703	3,703	3,703

註: 表示された変数以外にも、メーカーダミー、ハイブリッド/軽自動車ダミー、年ダミー、四半期ダミー、実質GDP成長率をコントロールしている。括弧内はStandard Error.

ランダム係数ロジットの推定結果

	IV Logit (VII)	RC Logit (IX)		RC Logit (X)	
		Mean	St. Dev.	Mean	St. Dev.
Constant	-22.6680 *** (0.9927)	-21.1570 *** (1.3978)	11.8160 *** (4.8117)	-33.8222 *** (2.6268)	11.0310 *** (0.5164)
Price	-0.0142 *** (0.0038)	-0.0157 *** (0.0056)	0.0063 (0.0186)	-0.0054 *** (0.0006)	-0.0067 *** (0.0026)
HP/Weight	33.8305 *** (11.2386)	-42.7740 *** (16.5780)	4.6993 (21.7300)	15.0663 *** (2.2992)	8.3313 *** (0.4387)
MPY	0.0582 (0.0671)	0.3318 *** (0.0977)	0.1139 (0.3177)	0.1432 *** (0.0352)	0.1212 (0.1460)
Size	0.0010 *** (0.0001)	0.0006 *** (0.0002)	0.0002 (0.0005)	0.0015 *** (0.0003)	0.0004 (0.0006)
AT/CVT	1.3489 *** (0.2812)	-0.3901 (0.4037)	1.2720 (13.2730)	0.6450 *** (0.1638)	1.3666 *** (0.3600)
Location IVs used	Taxes	Characteristics		Taxes	
# of Obs.	3,703	3,703		3,703	
GMM Obj.	---	267.2		33.6	

註: 表示された変数以外にも、メーカーダミー、ハイブリッド/軽自動車ダミー、年ダミー、四半期ダミー、実質GDP成長率をコントロールしている。括弧内はStandard Error.

2012年のトップ15車種の価格弾性値・PCM

Brand Name	Sales	Price	HP/Weight	MPY	Size	AT/CVT	Own-price elasticities	Price-cost Markups	Implied Gross Profits
Toyota Prius	317,675	256	0.068	21.9	7,881	1.000	-2.821	0.359	0.04
Toyota Aqua Hybrid	266,567	163	0.068	25.7	7,135	1.000	-2.165	0.468	0.20
Daihatsu Mira	218,295	107	0.066	18.1	6,398	1.000	-2.033	0.499	0.25
Honda N-Box	211,155	143	0.060	14.0	6,656	1.000	-2.386	0.423	0.13
Daihatsu Tanto	170,609	134	0.054	16.3	6,620	1.000	-2.316	0.435	0.15
Daihatsu Move	146,016	128	0.064	17.1	6,500	1.000	-2.276	0.443	0.16
Honda Fit Hybrid	116,212	174	0.078	19.3	7,342	0.927	-2.496	0.404	0.11
Suzuki Alto	112,002	106	0.070	14.5	6,398	0.775	-2.228	0.458	0.19
Toyota Vitz	105,611	138	0.091	14.5	7,095	0.935	-2.435	0.426	0.14
Honda Fit	93,041	144	0.099	12.8	7,275	0.699	-2.442	0.416	0.12
Nissan Note	85,330	141	0.088	13.1	7,274	0.905	-2.449	0.419	0.13
Nissan Moco	66,460	120	0.068	14.7	6,495	1.000	-2.338	0.438	0.16
Honda StepWgn	63,707	269	0.094	9.8	8,207	1.000	-3.259	0.311	-0.03
Suzuki Palette	60,136	128	0.059	12.7	6,610	1.000	-2.464	0.410	0.12
Mazda Demio	57,820	123	0.095	14.7	7,070	0.702	-2.391	0.428	0.14

• BLP(1995; 1999)の価格弾性値 = $-3 \sim -4.5$

• 本研究の価格弾性値(加重平均) = -2.67

註: Gross profits (粗利率) はマークアップの推定値をもとに固定費率を1/3と仮定して概算.

非線形の所得効果(補足)

- 本研究のモデルは準線形の所得効果を仮定しており、価格係数の分布が対数正規分布に従う事を仮定している(i.e., $\alpha_i = \alpha + \sigma v_i$; $v_i \sim$ 対数正規分布). しかし、青山学院大学の北野氏より、軽自動車のマークアップ率が普通車よりも高く推定されている要因の一つとして、同仮定が挙げられるのではとの指摘を受けた.
- BLP (ECTA, 1995; AER, 1999), Copeland (RAND, 2014) のように、自動車のような高額耐久消費財の需要推定には、コブ・ダグラス型の非線形な所得効果を想定することが多く、その場合、価格係数は所得分布(≡対数正規分布)の逆数に従うことになる(i.e., $\alpha_i = \sigma/v_i$; $v_i \sim$ 所得分布≡対数正規分布).
- そこで、ここでは、新たに $\alpha_i = \alpha + \sigma/v_i$ とするモデルを推定し(BLPのモデルが正しければ、推定された α は0となる)、その際に、軽自動車のマークアップ率の推定値が普通車よりも低くなるかどうかを検証した.
- 結果として、BLPの非線形所得効果を仮定しても、軽自動車のマークアップ率は依然として普通車よりも高いという結果が得られた(右表参照). したがって、準線形所得効果の仮定が、軽自動車のマークアップ率が普通車よりも高いという本論文の推定値に直接大きな影響を及ぼしている訳では無いことが分かる.
- マークアップの推定値は、所得効果・分布の仮定だけでなく、価格データの質にも大きく依存する. 本研究では、小売希望価格を使用しており、ディーラー段階でのオプションや下取り価格を含めた小売価格では無い. その為、動学的な価格設定やディーラー・メーカー間のマージン割当などをモデル化していない. 恐らく、これらをより精査していく事が重要と考えられる.

Brand Name	Price	Price-cost Markup	
		$\alpha_i = \alpha + \sigma v_i$ (Our spec.)	$\alpha_i = \alpha + \sigma/v_i$ (BLP spec.)
1 Toyota Prius	256	0.359	0.302
2 Toyota Aqua Hybrid	163	0.468	0.387
3 Daihatsu Mira	107	0.499	0.442
4 Honda N-Box	143	0.423	0.367
5 Daihatsu Tanto	134	0.435	0.386
6 Daihatsu Move	128	0.443	0.392
7 Honda Fit Hybrid	174	0.404	0.341
8 Suzuki Alto	106	0.458	0.375
9 Toyota Vitz	138	0.426	0.359
10 Honda Fit	144	0.416	0.335
11 Nissan Note	141	0.419	0.355
12 Nissan Moco	120	0.438	0.361
13 Honda StepWgn	269	0.311	0.301
14 Suzuki Palette	128	0.410	0.336
15 Mazda Demio	123	0.428	0.354

反実仮想的政策のシミュレーション

- Ramsey (1929) の (Second-best な条件下での) 税の最適化問題:

$$\max_{\tau} TS(\mathbf{p}(\tau), \tau; \hat{\theta}) \quad s. t. \quad TR(\mathbf{p}(\tau), \tau; \hat{\theta}) \geq \overline{TR}.$$

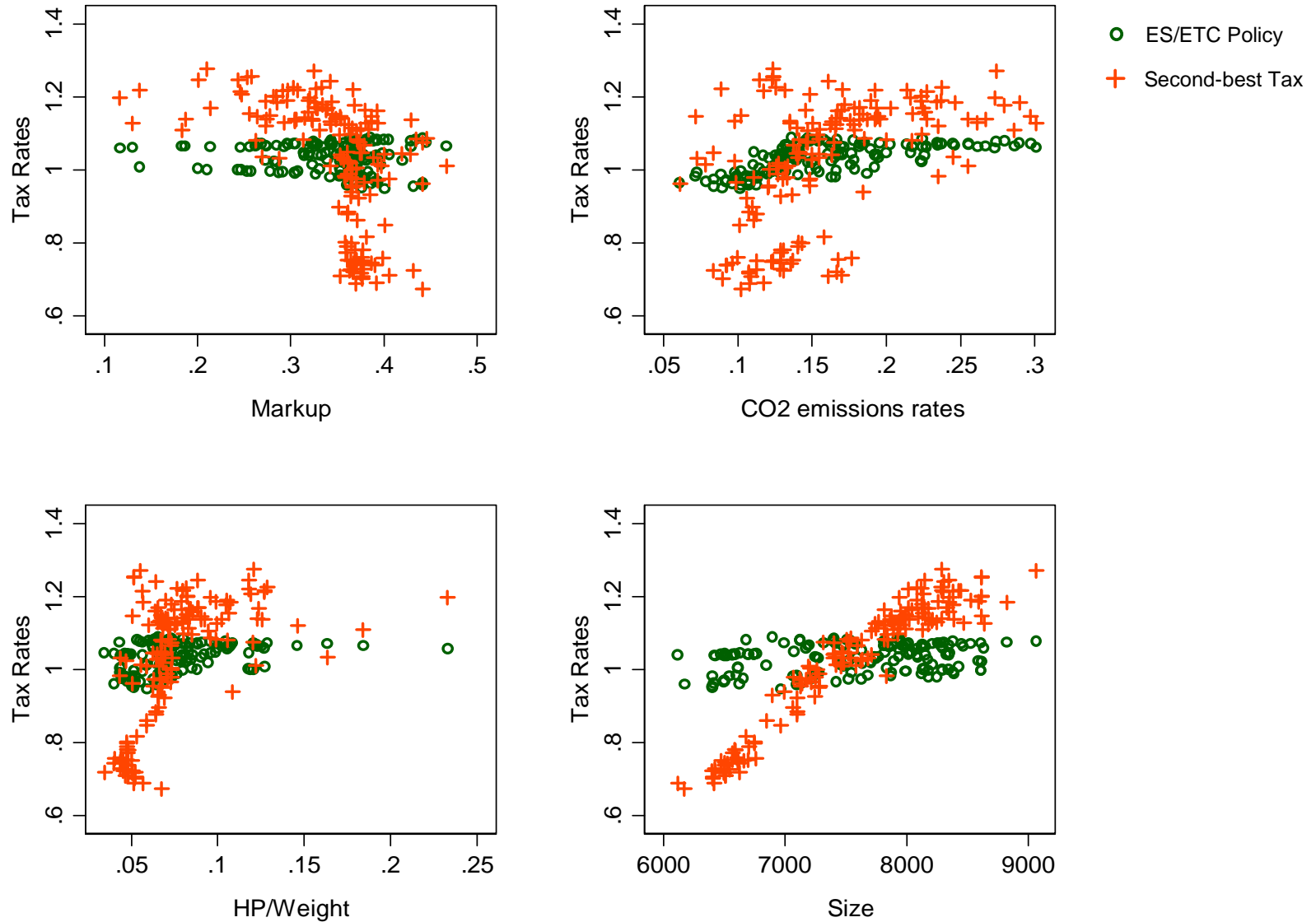
註1: 推定された車種レベルの限界費用、需要関数、均衡条件を使用し、反実仮想的な税制に対して新たな均衡価格を解く。→ Nevo (ECTA, 2001) の近似法を使用。

$$\mathbf{p}^{new}(\tau^{new}) = \widehat{\mathbf{m}\mathbf{c}} + \mathbf{\Omega}^{-1}(\mathbf{p}^{old}, \tau^{new}) \mathbf{s}^e(\mathbf{p}^{old}, \tau^{new}).$$

註2: 150~160次元の非線形方程式を各四半期に関して最適化問題を解くのはほぼ不可能。
→ 次のような線形近似を行う。 $\mathbf{y} = (\text{マークアップ率}, \text{二酸化炭素の排出率}, \text{HP/W}, \text{サイズ})$

$$\tau = \mathbf{y}'\boldsymbol{\gamma}$$

Second-best Feebates (SBF) 政策の特徴



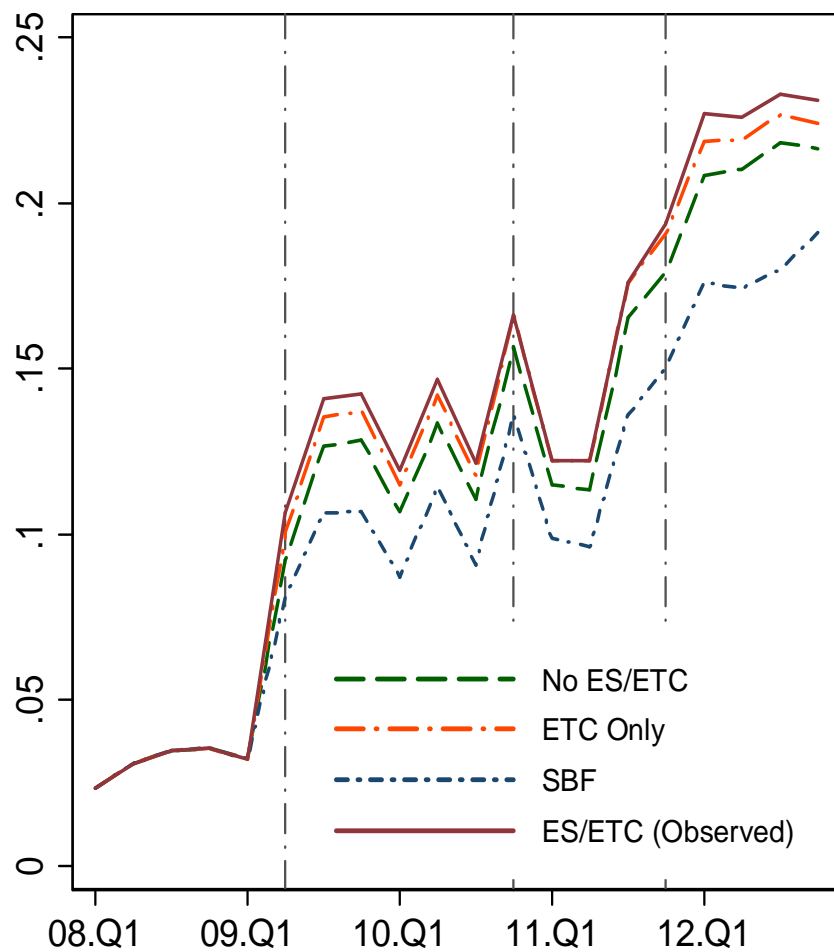
Second-best Feebates (SBF) の政策効果

	Compensating variation		Changes relative to the no-policy countefactual						Weighted Average Fuel Efficiency		
			Industry profits		Tax revenues		Total Surplus		ES/ETC	No Policy	SBF
	ES/ETC (billion ¥)	SBF	ES/ETC (billion ¥)	SBF	ES/ETC (billion ¥)	SBF	ES/ETC (billion ¥)	SBF			
2009	146.80 (389.6)	114.48 (1,666.7)	74.25 (93.8)	218.78 (222.1)	-147.78 (372.1)	-193.57 (1,783.0)	73.26 (105.4)	139.69 (129.0)	17.29 (2.7)	17.29 (2.7)	17.87 (2.4)
2010	240.16 (544.0)	130.70 (1,842.0)	116.15 (97.3)	273.04 (251.7)	-238.98 (519.7)	-226.20 (1,945.9)	117.33 (111.9)	177.54 (175.8)	17.58 (2.6)	17.59 (2.6)	18.12 (2.3)
2011	114.24 (305.4)	16.10 (1,610.5)	67.04 (56.4)	208.93 (254.7)	-112.09 (282.1)	-90.05 (1,746.1)	69.18 (74.6)	134.98 (162.8)	19.10 (3.9)	19.00 (3.8)	19.32 (3.6)
2012	285.20 (328.5)	150.25 (1,712.3)	149.98 (75.2)	340.15 (241.8)	-286.91 (307.7)	-286.62 (1,872.4)	148.27 (88.7)	203.78 (134.9)	19.54 (4.0)	19.43 (4.0)	19.67 (3.8)
Avg.	196.60 (390.0)	102.88 (1,706.3)	101.85 (80.1)	260.22 (238.8)	-196.44 (368.2)	-199.11 (1,835.5)	102.01 (94.5)	164.00 (141.4)	19.41 (0.8)	19.32 (0.8)	19.68 (0.8)

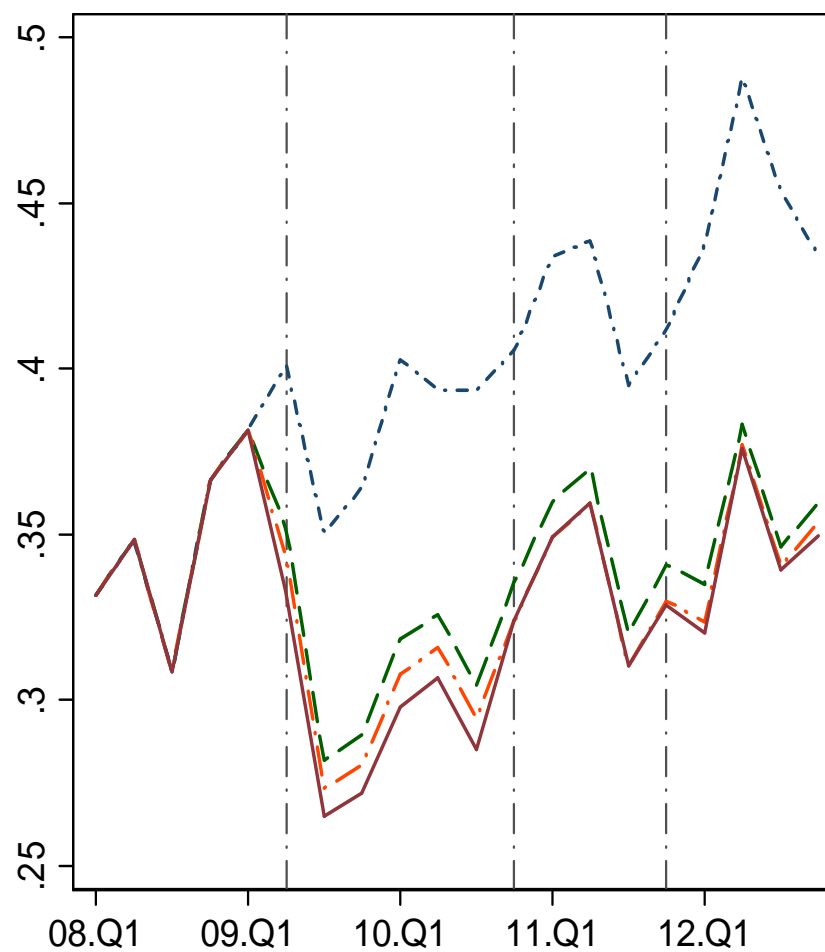
註: Standard Errorは分布の正規性に基づいて発生させたパラメターの乱数値をもとに政策効果を計算し、その標準偏差を使用したもの。

Second-best Feebates (SBF) 政策の政策効果

(a) Share of Hybrid Cars



(b) Share of Minicars



結論

- 本研究は、自動車由来の二酸化炭素を削減する政策として注目されている Feebates政策に着目。
 - ⇒ ①新車市場における不完全競争、②車種レベルの消費者需要を明示的に考慮した最適・現実的なデザイン手法を提示。
- 日本の新車市場に応用し、SBF政策の効果を推計：
 - 実際に採られたエコカー減税・補助金政策と比べ、総経済余剰・平均燃費の両方を大幅に改善。
 - ハイブリッド車よりも軽自動車・非ハイブリッドの低燃費車を優遇。
→ トヨタ・ホンダの「二人勝ち」の是正；より均等な企業利潤の配分。
- BLP手法の新たな識別（操作）変数に関するエビデンスの提示。
- 軽自動車は、「低所得層・自営業者の足」。ハイブリッド車・環境性能の高い車の更なる小型化・軽量化技術を促進するような政策が日本にはより適しているかも知れない？