慶應義塾大学学術情報リポジトリ
Keio Associated Repository of Academic resouces

Title	階層型ロジットモデルを用いた運輸部門におけるCO2削減策の研究
Sub Title	
Author	松岡, 啓(Matsuoka, Kei) 石谷, 久(Ishitani, Hisashi) 松橋, 隆治(Matsuhashi, Ryuji) 吉田, 好邦(Yoshida, Yoshikuni) 疋田, 浩一(Hikita, Koichi)
Publisher	慶應義塾大学産業研究所
Publication year	2000
Jtitle	KEO discussion paper. G : 『アジア地域における経済および環境の相互依存と環境保全に関する学際的研究』 (KEO discussion paper. G : "Inter-disciplinary studies for sustainable development in Asian countries"). No.G-101
JaLC DOI	
Abstract	概要1997年12月に京都で開催されたCOP3において、日本は目標期間までに二酸化炭素を6%削減する事が決定された。産業・運輸・民生の3つの部門の中でも特に運輸部門における二酸化炭素排出量の伸びが著しく、EVなどのような低燃費車の開発及び普及の促進・自動車税のグリーン化による経済的誘導施策が必要である。税制のグリーン化とは、消費者が自動車を購入するに当たって低燃費車の選択を促進するようにも直すもので（これを燃費税と呼ぶ事にする）、これを強力に推進すれば、自動車からのCO2排出削減について大きな効果が見込める。自動車のライフサイクルのなかで走行段階に排出する二酸化炭素の量が非常に多い事を考えれば、ガソリンに課税をして走行需要を減らすという施策も考えられる。本研究では、まず、自動車の詳細な保有データを分析し階層型ロジットモデルにより消費者の車種選好モデルを構築した。そして、そのモデルに従って自動車のシェアが決まるという仮定の下に、次世代低燃費車の導入・燃費税・ガソリン税の導入によるシェアの推移や二酸化炭素の排出量の推移をシミュレートし評価した。まず、ハイブリット車及び電気自動車をモデルに導入しその販売台数を算出した。ハイブリット車については4399台/年、電気自動車については962台/年という結果が得られた。次に、電気自動車に補助金を与えて販売台数の予測をおこなった。補助金がはずせるところまで販売台数をのばすことはできなかった。従って、電気自動車を普及させるためにはコストや基本性能をガソリン車なみに充実させる必要があると考えられる。次に、燃費税導入によるシェアの変化及び二酸化炭素削減の定量評価をおこなった。税率r=1500円/cc/kmで約5.2%、r=2000円/cc/kmで約7 .3%の削減となった。特にセダン型の自動車においては、燃費税導入によるシェアの変動が大きくその効果が大きく望める。また、ハイブリット車に燃費税を導入してその販売台数の変化を算出した。r=2000円/cc/kmで現行課税の約2倍、 r=5000円/cc/kmで約4倍の販売台数となった。従って、燃費税を導入することによって、低燃費車のシェアが飛躍的に増加し、メーカー側に対する低燃費車開発・導入のインセンティブになると考えられる。最後にガソリン課税の評価をおこなった。年間走行距離に対するガソリン価格の弾性値は-0.197となり、ガソリン課税によって走行距離の低減がある程度望めるという結果となった。また、ガソリン課税を選好モデルに導入することによって、ガソリン価格があまり消費者の選好に影響を与えないということが確認された。以上の結果より、まず、EVについては現状のままでは補助金を入れたとしても広く普及させることは難しく、新たな技術開発が望まれる。燃費税は、新技術を要さずに一定の二酸化炭素削減効果が期待できることから導入の検討に値する。また、メーカー側に対する低燃費車導入のインセンティブ効果も期待できる。ガソリン課税については、単独ではなく他の施策と併せての導入が現実的であろう。
Notes	表紙上部に"日本学術振興会未来開拓学術研究推進事業複合領域「アジア地域の環境保全」"の表示あり
Genre	Technical Report
URL	https://koara.lib.keio.ac.jp/xoonips/modules/xoonips/detail.php?koara_id=AA12113622-00000101-0001

慶應義塾大学学術情報リポジトリ(KOARA)に掲載されているコンテンツの著作権は、それぞれの著作者、学会または出版社/発行者に帰属し、その権利は著作権法によって保護されています。引用にあたっては、著作権法を遵守してご利用ください。

The copyrights of content available on the KeiO Associated Repository of Academic resources (KOARA) belong to the respective authors, academic societies, or publishers/issuers, and these rights are protected by the Japanese Copyright Act. When quoting the content, please follow the Japanese copyright act.

階層型ロジットモデルを用いた運輸部門におけるCO_2削減策の研究

松岡　啓
石谷　久
松橋　隆治
吉田　好邦
疋田　浩一

No.G-101

学振未来 WG2-34

階層型ロジットモデルを用いた
運輸部門におけるＣＯ 削減策の研究

松岡 啓、石谷 久、松橋 隆治、吉田 好邦、疋田 浩一

２０００年5月

キーワード

階層型ロジットモデル、低燃費車、燃費税、ガソリン課税

概要

１９９７年１２月に京都で開催されたＣＯＰ３において、日本は目標期間までに二酸化炭素を６％削減する事が決定された。産業・運輸・民生の３つの部門の中でも特に運輸部門における二酸化炭素排出量の伸びが著しく、EVなどのような低燃費車の開発及び普及の促進・自動車税のグリーン化による経済的誘導施策が必要である。税制のグリーン化とは、消費者が自動車を購入するに当たって低燃費車の選択を促進するようにも直すもので（これを燃費税と呼ぶ事にする)、これを強力に推進すれば、自動車からのＣＯ２排出削減について大きな効果が見込める。自動車のライフサイクルのなかで走行段階に排出する二酸化炭素の量が非常に多い事を考えれば、ガソリンに課税をして走行需要を減らすという施策も考えられる。

本研究では、まず、自動車の詳細な保有データを分析し階層型ロジットモデルにより消費者の車種選好モデルを構築した。そして、そのモデルに従って自動車のシェアが決まるという仮定の下に、次世代低燃費車の導入・燃費税・ガソリン税の導入によるシェアの推移や二酸化炭素の排出量の推移をシミュレートし評価した。

まず、ハイブリット車及び電気自動車をモデルに導入しその販売台数を算出した。ハイブリット車については４３９９台／年、電気自動車については９６２台／年という結果が得られた。次に、電気自動車に補助金を与えて販売台数の予測をおこなった。補助金がはずせるところまで販売台数をのばすことはできなかった。従って、電気自動車を普及させるためにはコストや基本性能をガソリン車なみに充実させる必要があると考えられる。

次に、燃費税導入によるシェアの変化及び二酸化炭素削減の定量評価をおこなった。税率ｒ＝１５００円／ｃｃ／ｋｍで約５．２％、ｒ＝２０００円／ｃｃ／ｋｍで約７．

３％の削減となった。特にセダン型の自動車においては、燃費税導入によるシェアの変動が大きくその効果が大きく望める。また、ハイブリット車に燃費税を導入してその販売台数の変化を算出した。ｒ＝２０００円／ｃｃ／ｋｍで現行課税の約２倍、ｒ＝５０００円／ｃｃ／ｋｍで約４倍の販売台数となった。従って、燃費税を導入することによって、低燃費車のシェアが飛躍的に増加し、メーカー側に対する低燃費車開発・導入のインセンティブになると考えられる。

最後にガソリン課税の評価をおこなった。年間走行距離に対するガソリン価格の弾性値は－０．１９７となり、ガソリン課税によって走行距離の低減がある程度望めるという結果となった。また、ガソリン課税を選好モデルに導入することによって、ガソリン価格があまり消費者の選好に影響を与えないということが確認された。

以上の結果より、まず、ＥＶについては現状のままでは補助金を入れたとしても広く普及させることは難しく、新たな技術開発が望まれる。燃費税は、新技術を要さずに一定の二酸化炭素削減効果が期待できることから導入の検討に値する。また、メーカー側に対する低燃費車導入のインセンティブ効果も期待できる。ガソリン課税については、単独ではなく他の施策と併せての導入が現実的であろう。

階層型ロジットモデルを用いた
運輸部門におけるＣＯ 削減策の研究

松岡 啓*、石谷 久*、松橋 隆治*、吉田 好邦*、疋田 浩一†

２０００年５月

１．序論

１９９７年１２月に京都で開催されたＣＯＰ３において、日本は目標期間までに二酸化炭素を６％削減する事が決定された。産業・運輸・民生の３つの部門の中でも特に運輸部門における二酸化炭素排出量の伸びが著しく、この部門における自家用車からの排出量を削減することが必須であると考えられる。

運輸省は短中期に取るべき施策として、低燃費車の開発及び普及の促進、自動車関係税制のグリーン化による経済的誘導施策を挙げている。低燃費車とは電気自動車やハイブリット車のことで、これらの車は二酸化炭素削減効果が大きく、その重点的投入に大きな期待が寄せられている。また、消費者が自動車を購入するに当たって低燃費車の選択を促進するような「自動車関係税制のグリーン化」（現行自動車関係税制を環境負荷の低減に資するものになるよう見直すこと。これを燃費税と呼ぶ事にする。）による経済的誘導施策を強力に推進すれば、自動車からのＣＯ２排出削減について、他の施策に比べはるかに大きな効果が見込める。自動車のライフサイクルのなかで走行段階に排出する二酸化炭素の量が非常に多い事を考えれば、ガソリンに課税をして走行需要を減らすという施策も考えられる。

本研究では、まず、自動車の詳細な保有データを分析し階層型ロジットモデルを用いて消費者の車種選好モデルを構築した。そして、そのモデルに従って自動車のシェアが決まるという仮定の下に、次世代低燃費車の導入・燃費税・ガソリン税の導入によるシェアの推移や二酸化炭素の排出量の推移をシミュレートし評価した。

---

* 東京大学大学院工学系研究科

† 慶応義塾大学産業研究所

２．分析手法

本研究で用いた多項ロジットモデルとは効用と選択の関係を扱う確率効用のモデルの１つである。f_kを対象ｋの確定的効用とすれば、選択の基準となる確率的効用U_kは次のように規定される。

$$U_k = f_k + \varepsilon_k \qquad \text{式（２．１）}$$

ε_kは状況依存的な気まぐれ要因、f_kに含まれていない要因の効果などと解釈される。確率変数ε_kの分布を定めることにより対象ｋが選択される確率P_kが求められる。ε_kをある分散の第１種極値分布を仮定すると確率P_kは以下のように規定される。

$$P_k = \frac{\exp(f_k)}{\sum_k \exp(f_k)} \qquad \text{式（２．２）}$$

また、効用は属性の線形和として

$$f_k = \sum_j \alpha_k \ln(z_{kj}) \qquad \text{式（２．３）}$$

表される。確率P_kは対象ｋのシェアと考えることができる。

本研究では最尤法を用いてモデルを決定した。母集団の確率密度関数が$f(x,\theta)$という形で与えられるとすると、その結合確率密度関数は

$$L(\theta) = \prod_n f(x_n,\theta) \qquad \text{式（２．４）}$$

とあらわされる。この$L(\theta)$を最大にするθを最尤推定量と考える。

$$\frac{\partial}{\partial\theta}\ln L(\theta) = 0 \qquad \text{式（２．５）}$$

を解くことによってθが求められる。

３．選好モデルの構築とその結果

３．１　データの整備

本研究で使用したデータは１９９３年から１９９６年までの４年間の保有データである。まず、この膨大な数のデータの整備をおこなった。元データから普通乗用車と小型４輪乗用車を抽出し、その中で外国車と燃費モードが異なる車(10 モードと 10･15 モード以外)を排除した。最後に消費者物価指数を用いて価格の実質化をおこなった。

３．２　階層型ロジットモデル

３．２．１　階層型ロジットモデルの構造

消費者がある自動車を購入する際において、まずその形状を決めて、次に価格帯を絞り込み、そうした自動車の中で各排気量帯における馬力と経費の兼ね合いで購入を決定

すると考えられる。本研究では消費者の選択行動を以上のように仮定し、多段階的な選択行動を説明する階層型ロジットモデルを採用した。

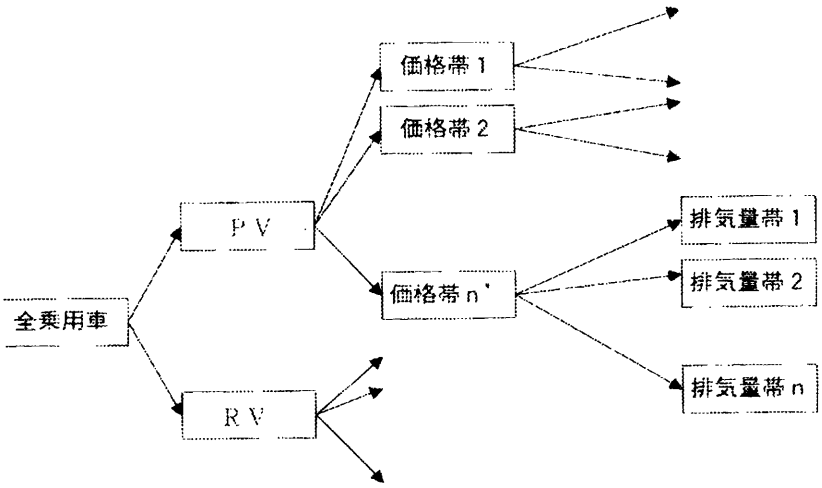

図３．２．１　階層型ロジットモデルの構造

３．２．２　排気量クラス間モデルの構築

価格帯クラスｉ、排気量クラスｋの車のシェアS_{ki}は多項ロジットモデルの考え方を用いれば

$$S_{ki} = \frac{M_{ki}\exp(f_{ki})}{\sum_k M_{ki}\exp(f_{ki})} \qquad \text{式（３．２．１）}$$

となる。M_{ki}は規模変数でそのクラスの車種数を充てる。f_{ki}はそのクラスの確定的効用になる。f_{ki}の要素としては、車の馬力・室内容積・経費が考えられる。本研究では経費と馬力・経費と室内容積の２つの組み合わせを考え、有意なモデルが構築できた方を選択した。従って、例えばf_{ki}は馬力をｘ、経費をｙとすれば効用関数をｌｎとして

$$f_{ki} = a_i \ln(x_{ki}) + b_i \ln(y_{ki}) \qquad \text{式（３．２．２）}$$

と表すことができる。

また、台数をn_{ki}とすれば尤度関数は

$$L = \prod_k (S_{ki})^{n_{ki}} \qquad \text{式（３．２．３）}$$

となり、

$$\frac{\partial}{\partial a_i}\ln L = \frac{\partial}{\partial b_i}\ln L = 0 \qquad \text{式（３．２．４）}$$

として決定される。

３．２．３　モデルの統合

次に、排気量クラスモデルを統合して価格クラス間のモデルを構築する。価格クラスｉのシェアS_iも

$$S_i = \frac{\exp(f_i)}{\sum_i \exp(f_i)} \qquad \text{式（３．２．３）}$$

の形で表される。なお、価格クラスｉの確定効用はログサム変数とゼータ変数を用いて

$$f_i = LO_i + \zeta_i \qquad \text{式（３．２．４）}$$

$$LO_i = \ln \sum_k \exp(f_{ki}) \qquad \text{式（３．２．５）}$$

$$\zeta_i = \ln\left(\frac{S_i}{\exp(LO_i)}\right) \qquad \text{式（３．２．６）}$$

と表せる。

３．３ 選好モデルの決定

３．３．１ 排気量クラス間モデル

まず、決定された排気量クラス間モデルの一例を示す。

表３．３．１ セダン型 価格クラス～210万円

排気量クラス	室内容積 (m3)	経費 (千円)	標本台数	車種数	平均台数
1000～1300cc	2.675	261.3	1829486	194	9430.3
1500cc	2.935	323.5	2262195	332	6813.8
1600cc	2.894	385.0	634044	245	2587.9
1800cc～	3.086	416.2	1440887	430	3350.9
合計			6166612	1201	

表３．３．２ セダン型 価格クラス～210万円の結果

排気量クラス	標本台数	理想台数	ずれ(%)	
1000～1300cc	1829486	1758940	2.39	室内容積の係数＝7.903 経費の係数＝-4.703 標本台数と理想台数の決定係数＝0.991
1500cc	2262195	2328901	-2.95	
1600cc	6304044	6788450	-7.07	
1800～cc	1440887	1373017	4.71	

次に決定された選択ツリーを示す。

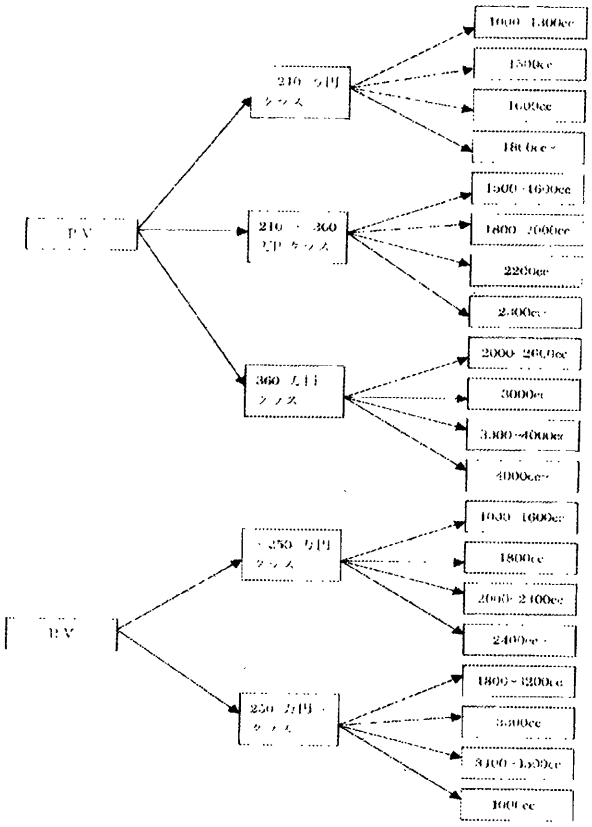

図３．３．１ 選択ツリー

３．３．２ 価格クラス間モデルの決定

表３．３．３ 価格クラス間モデルの結果

形状	価格クラス	ログサム変数 LO_i	ゼータ変数 ζ_i
セダン型	～210 万円	-11.892	11.455
	210～360 万円	3.656	-4.919
	360 万円～	-4.490	1.847
ＲＶ型	～250 万円	5.706	-6.087
	250 万円～	-11.385	10.234

排気量クラス間や価格クラス間においてシェアは変動するが形状間においてはシェアの変動は考えないので、各形状の合計台数は一定と考えることが出来る。

表３．３．４ 各形状の合計台数

	合計台数
セダン型	9546731
ＲＶ型	3121335

４．シミュレーションの概要とその結果

４．１　次世代低燃費車の導入

４．１．１　導入方法

まず、実際に市販されているハイブリット車とＥＶの性能データをモデルに導入して販売台数を算出した。用いたハイブリット車とＥＶの性能データは以下の通りである。

表４．１．１ ハイブリット車の性能表

形状	ＰＶ（４ドアセダン）
総排気量	1496ｃｃ
価格	215 万円
車両重量	1240ｋｇ
燃費（10.15 モード）	28.0ｋｍ／l
馬力	58ｐｓ
室内容積	3.2375ｍ３

表４．１．２ ＥＶの性能表

形状	ＲＶ
出力	約 68ＰＳ
車両重量	1460ｋｇ
価格	495 万円
燃費	3.5 円/ｋｍ

このハイブリット車は価格が１５０～１８０万円帯のガソリン車と競合するので、～２１０万円クラスの下に新たにこのハイブリット車専用のクラスを設けて、そこに導入した。またＥＶについては、もととなったガソリン車が存在する価格クラス(～２５０万円クラス)にＥＶ専用クラスを設けて導入した。

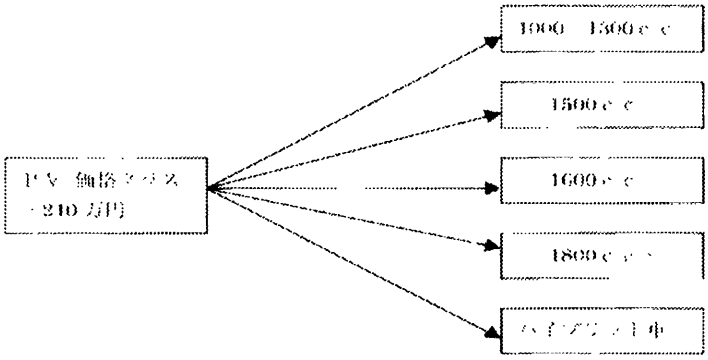

図４．１．１ ハイブリット車の導入方法

４．１．２　導入結果

以下にハイブリット車及びＥＶの販売台数を示す。

表４．１．３ ハイブリット車及びＥＶの販売台数

	説明変数	販売台数(結果)
ハイブリット車	室内容積:3.238m3	約 4399 台/年
	経費:421.29 千円	
ＥＶ	馬力:68ｐｓ	約 962 台/年
	経費:815.71 千円	

４．２　ＥＶの普及可能性の予測

４．２．１　予想方法

ＥＶに関しては、現状では価格が高額すぎるので補助金を与えて販売を促進させる必要があると考えられる。補助金を与えて販売台数を増やし、量産効果によって車両コストが低減するのである。まず、補助金の与え方を以下に示す。

表４．２．１ 補助金の与え方

ケース１	通常車両との価格差の 1/3
ケース２	通常車両との価格差の 1/2
ケース３	通常車両との価格差の 2/3

量産効果については自動車会社から得られたデータをもとにして、本研究に合うように設定した。

表４．２．２ ＥＶの量産効果

	生産台数	価格
初期生産時	962 台/年	495 万円
量産時	5000 台/年	300 万円

以上の量産効果を対数関数で補間して量産曲線を設定した。

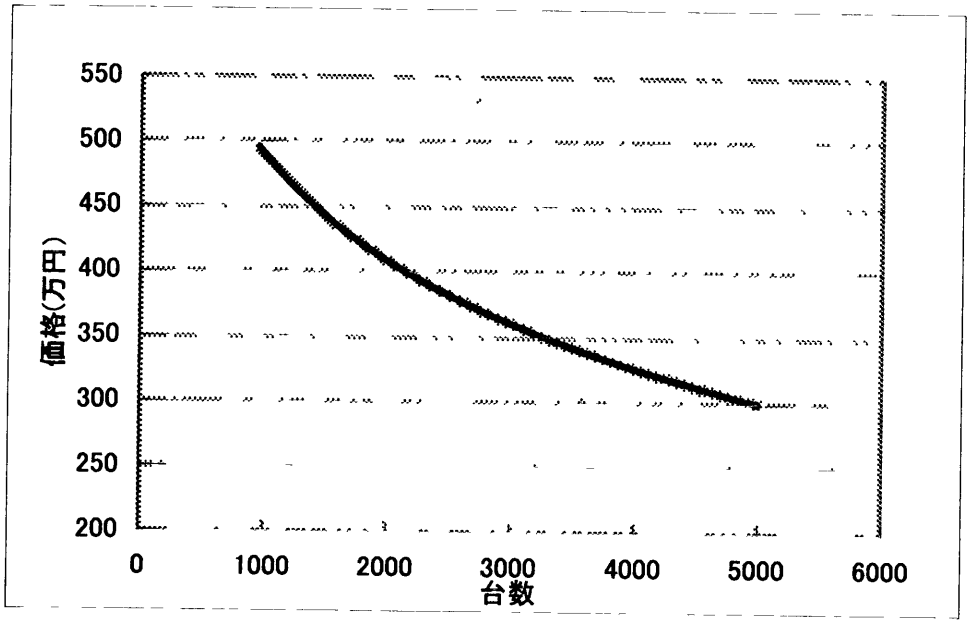

図４．２．１ 量産曲線

$$(\text{価格}) = a \times \ln(\text{台数}) + b \qquad \text{式}(4.2.1)$$

$$a = -118.312$$

$$b = 1307.688$$

また具体的なシミュレーションの方法を以下に示す。

① 車体価格に対して補助金を入れてモデルに導入
② モデルから販売台数を算出
③ その販売台数から量産効果を用いて車体価格を算出
④ 車体価格を更新して①に戻る

①～③までのループを計算すると、

1. 量産の軌道に乗り、補助金をはずすことができる。
2. 補助金をはずすところまで販売台数を伸ばすことはできない

のいずれかになる。

４．２．２　ＥＶ普及予測の結果

では補助金を与えた場合のＥＶの普及予測の結果を以下に示す。

表４．２．３ ＥＶに普及予測の結果

	販売台数	最終車両価格
補助金を与えない場合	962 台/年	495 万円
ケース１	1269 台/年	462.3 万円
ケース２	1470 台/年	444.9 万円
ケース３	1709 台/年	427.0 万円

４．３　燃費税導入

４．３．１　シェアの変動と二酸化炭素削減効果の算出方法

現行の自動車税から燃費税に再編した場合の二酸化炭素削減効果を試算する。燃費税は以下の方法によって課税する。

$(h-z)\times r$　　式（４．３．１）

ｈは燃料消費率（ｃｃ／ｋｍ）、ｚはゼロポイント（ｃｃ／ｋｍ）、ｒは税率（円／ｃｃ／ｋｍ）である。本研究ではｒを外生的に与える。現状のシェアにおいて、税額が変わらない（税収中立）ようにゼロポイントを設定すると以下の表のようになる。

表４．３．１ ゼロポイントの設定

税率ｒ(円/cc/km)	ゼロポイント(cc/km)
ｒ＝500	-0.2091
ｒ＝1000	39.37
ｒ＝1500	52.56
ｒ＝2000	59.16
ｒ＝5000	71.03

燃費税と税額の具体例を表にまとめた。

表４．３．２ 燃費税の具体例

	20km/l	12km/l	10km/l
r＝500	25105 円	41771 円	50105 円
r＝1000	10630 円	43964 円	60630 円
r＝1500	-3844 円	46156 円	71156 円
r＝2000	-18318 円	48349 円	81682 円
r＝5000	-105163 円	61503 円	144836 円

燃費税の導入によって税額の少ない低燃費車にシェアがシフトすることが予想できる。また全自動車の燃料消費量の変化を算出することで二酸化炭素の削減率を計算することができる。

４．３．２ 導入結果

以下に燃費税の導入によるシェアの変化と二酸化炭素削減率を記載する。

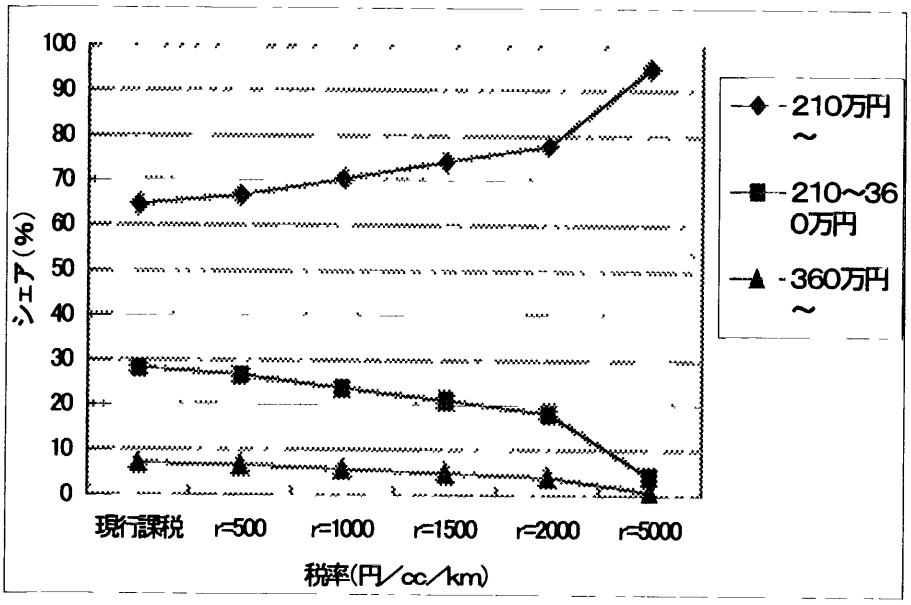

図４．３．１ セダン型価格クラスのシェアの変化

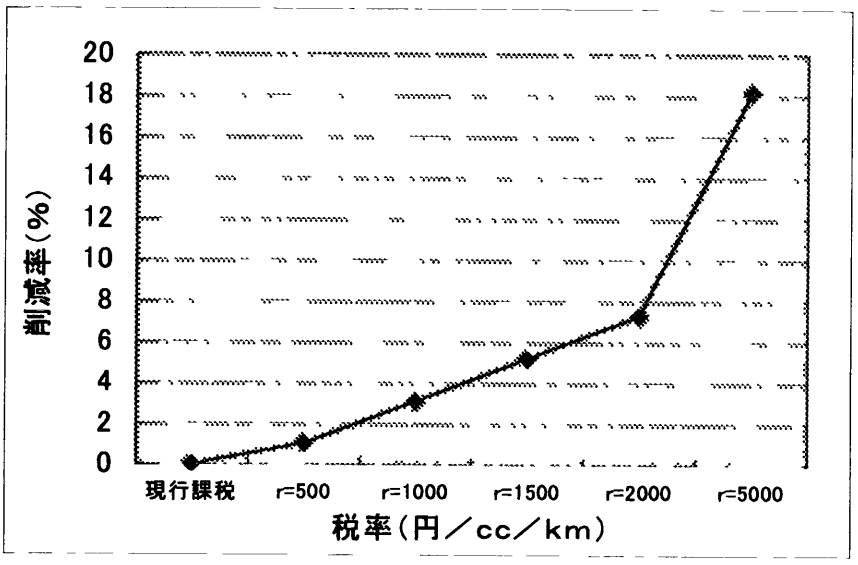

図４．３．２ 二酸化炭素削減率

４．３．３　メーカ側に対するインセンティブ効果の予測

燃費税導入により、燃費の良い車のシェアが増加するとともに、自動車メーカーが需要の増加仁応じて低燃費車の開発・導入を重点的に進めるようなることが予想される。本研究ではハイブリット車に燃費税を導入することでその効果を評価した。

表４．３．３ 燃費税のインセンティブ効果

	現行課税	r=500	r=1000	r=1500	r=2000	r=5000
販売台数(台/年)	4399	5051	5922	6932	8094	19111
増加率(%)	0	14.82	34.63	55.78	84.01	334.44

４．４　ガソリン課税

４．４．１　ガソリン課税の方法

自動車部門において二酸化炭素の排出を削減するためには走行需要の抑制が必要である。そのためにはガソリンに課税をする事が考えられる。過去２０年のトレンドから年間の走行距離とガソリン価格の関係を明らかにし、ガソリン課税の効果とガソリン課税によるシェアの変動を評価する。走行距離をＲＤ、ガソリン価格をＰ、１世帯あたりの保有台数をＣＨとして

$$\frac{RD_t}{RD_{t0}} = \left(\frac{P_t}{P_{t0}}\right)^{\alpha}\left(\frac{CH_t}{CH_{t0}}\right)^{\beta} \quad \text{式（４．４．１）}$$

とすれば、走行距離に対するガソリン価格の弾性値αが求まる。ガソリン価格に対する課税率を以下のように設定した。

表４．４．１ ガソリン課税の税率

ケース１	＋１０％
ケース２	＋２０％

４．４．２　結果

まず走行距離モデルの結果を示す。

表４．４．２　走行距離モデルの結果

α	- 0.197(ｔ値＝-3.86)
β	-0.456(ｔ値＝-22.86)
A	10.109(t 値＝38.87)
決定係数	0.967

従ってガソリン価格の変化による走行距離の変化は以下のようになる。

表４．４．３　ガソリン価格の変化による走行距離の変化

	ガソリン課税	走行距離
ケース１	+10%	-1.97%
ケース２	+20%	-3.94%

５．結論

まずハイブリット車及びＥＶをモデルに導入したところハイブリット車は 4399 台/年、ＥＶは 962 台/年という結果が得られた。実際にはハイブリットが約 2 万台/年、ＥＶが約 100 台/年程度の販売台数である。モデルでは 1 車種平均の販売台数が求まるので、単純比較はできないが妥当な結果といえる。

次にＥＶに補助金を与えて販売台数の推移を予測した。しかし、どのケースについても補助金をはずすところまで販売台数を伸ばすことができなかった。現状では、ＥＶを量産の軌道に乗せることは難しいと考えられる。コストや走行性能のいっそうの充実が望まれる。

燃費税はｒ＝2000 で約 7.3%の二酸化炭素削減効果が望める結果となった。特にセダン型の車に関してはシェアの変動が大きくその効果がかなり期待できると考えられる。新技術の導入を要さずに一定の二酸化炭素削減効果が望めることから導入の検討に値する。消費者全体としては新たな税負担をさせないというところも特筆すべき点であると考えられる。

また、燃費税の導入によってハイブリット車の販売台数が飛躍的に増加しており、燃費税によって低燃費車が受けるメリットは大きいと考えられる。従って、メーカー側の

低燃費車導入のインセンティブになりうると考えられ、燃費税の効果は４．３．２で試算した以上のものになると予想される。
ガソリン課税については走行距離との関係が認められた。他の施策と併せて導入すればその効果を発揮することができるだろう。また、ガソリン価格が消費者の選好にあまり影響しないということも確認された。

本研究で取り上げた施策は数ある施策のうちのほんの一部にすぎない。他の施策と併せて、より効果的な施策を模索していく必要があると考えられる。

参考文献

１．森棟公夫、「プロビット及びロジットモデルについて」、シミュレーション学会（1983）
２．斗成聡一、「階層型ロジットモデルを用いた自動車選好のモデル化による CO2 削減可能性の研究」、平成９年度卒業論文
３．塚田路路、「運輸部門における CO2 放出低減策の分析」、平成５年度卒業論文
４．遠藤弘太郎、「非集計ロジットモデルを用いた移転工場の立地選択予測モデルの開発」、ライテック技法（1995no.7）
５．東京大学教養学部統計学教室編、「自然科学の統計学」、東京大学出版会
６．総務庁統計局、「日本統計年鑑」、（1998）
７．(財)省エネルギーセンター、「エネルギー・経済統計要覧」、（1997）