

# 排出権同時購入型自動車保険の選好分析に基づいた自動車部門のCO2 排出削減対策に関する研究

環境システム学専攻 指導教官:吉田 好邦 准教授 学籍番号 66747 菊重 琢 2008年3月修了

キーワード: コンジョイント分析、CVM分析、階層バイズモデル、MCMC法

## 1 背景・目的

現在、日本の温室効果ガスの総排出量は家庭部門・業務その他部門の二酸化炭素排出量の伸びに伴い、未だに増加傾向を示している。また、運輸部門の二酸化炭素排出量の約3割を占める乗用車家計利用寄与分も増加傾向にあることが知られており、二酸化炭素削減に際して生活者のライフスタイルの変革を伴う分野での対策が遅れていることがわかる。本研究は消費者選好調査から、カーボンオフセットの概念に基づいた「排出権同時購入型自動車保険」の二酸化炭素削減ポテンシャルの評価を行い、その有用性を示すものである。

## 2 調査概要

### 2-1 排出権同時購入型自動車保険とは

「排出権同時購入型自動車保険」とは、毎年の自動車保険更新時に自身の保有自動車から排出された二酸化炭素の量に応じて排出権購入分の金額を上乗せし、自動車保険料を支払うことで、自動車からの二酸化炭素排出をオフセットしようという消費者のニーズを喚起し、満たす目的で検討が進められている保険商品である。実際には個人が排出権の所有権を有することは難しいため、保険会社が消費者の代理として排出権を購入し、排出権購入に対して料金を支払った保険加入者に対しては保険会社側から排出権購入を示す証明書を発行する。また、購入した排出権は国のアカウントに入れられ、京都議定書の目標達成に貢献する仕組みが考えられている。図1に排出権同時購入型自動車保険の概念図を示す。

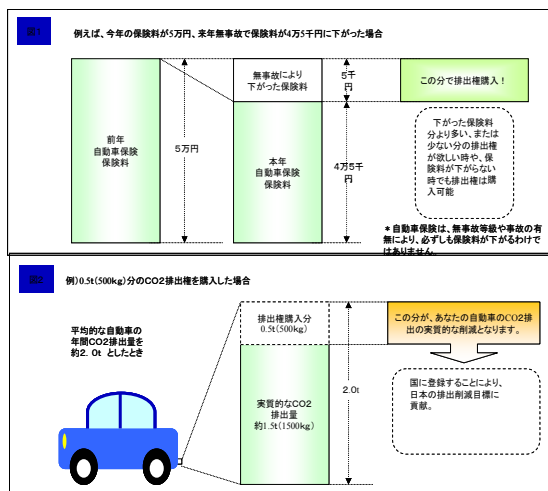


図1 排出権同時購入型自動車保険概念図

### 2-2 消費者選好調査

今回の消費者選好調査は4月13日、5月8日、9日の二回に亘って行われ計351サンプルが集められた。表1に回答者の基本属性を示す。

表1 回答者基本属性

		年齢					
		20代	30代	40代	50代	60代以上	合計
性別	男	26	97	89	34	19	265
	女	14	43	21	7	1	86
合計		40	140	110	41	20	351

## 3 コンジョイント分析とCVM分析

### 3-1 コンジョイント分析

通常のコンジョイント分析では、対象となる財のプロファイルを構成する属性と、属性の水準を決定し、直行配列表によってプロファイル群を作成する。本研究では設問のプロファイル群を、アンケートによって作成した各回答者のプロファイルによって変化させることで、各回答者に対してより現実的なプロファイル群を提示した。実際にプロファイル群に影響を与える回答者の属性は、1. 回答者の自動車保険の等級、2. 前回自動車保険

更新時から現在までの自動車保険使用回数（事故数）、3. 現在の自動車保険料、4. 回答者が自動車から一年間に排出している二酸化炭素量の4つである。また、この4つの要素によって変化する自動車保険の属性は、排出権価格（量）、現在の自動車保険料との差（年間）の2つである。回答者は一人6問のコンジョイント分析用の設問に答える。これらのデータから効用関数の確定項、 $V_{ii} = \beta_{CO_2} x_{iiCO_2} + \beta_{Price} x_{iiPrice}$  の  $\beta_{CO_2}, \beta_{Price}$  を最尤法により推定し、 $\beta_{CO_2}, \beta_{Price}$  の比で表される限界WTP  $= -\beta_{CO_2} / \beta_{Price}$  を求める。

分析の結果、全体での限界WTPの値は排出権1tあたり、約2,170円という結果となった。図2に年代別のコンジョイント分析結果を示す。

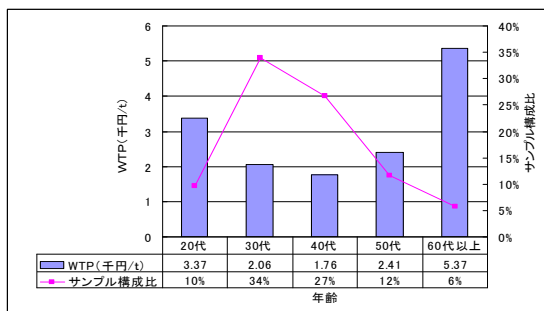


図2 年代別限界WTP比較

### 3-2 CVM分析

CVM分析とは、個人に環境財に対するWTPを直接尋ねることで回答者の購入意志確率をモデル化する統計的アンケート手法である。今回のCVM分析の設問では、回答者が自動車から排出したCO<sub>2</sub>に相当する排出権の価格を提示し、その提示額なら購入する意志があるかをYes、Noで回答してもらう二項選択方式の中で、一度目の質問でYesと答えた回答者にはより高い金額を提示して賛否を回答してもらい、一度目の質問でNoと答えた回答者にはより低い金額を提示して賛否を回答しても

らうダブルバウンド方式を採用した。図3は今回のアンケートで行ったCVM設問の提示例と提示額の組み合わせを示したものである。

Q24 あなたの自動車の走行による年間のCO<sub>2</sub>排出量は【●●●(トン)】です。これに相当する排出権が年間【●●●円】ならば、購入しますか？

- はい
- いいえ

QID=q25  
原稿ID=Q25  
必須回答  
説明  
以下の①②③④⑤の組み合わせをランダムに発生  
①Q24:500円→Q25:(はい)の場合1000円、(いいえ)の場合200円  
②Q24:1000円→Q25:(はい)の場合2000円、(いいえ)の場合500円  
③Q24:2000円→Q25:(はい)の場合3000円、(いいえ)の場合1000円  
④Q24:3000円→Q25:(はい)の場合4000円、(いいえ)の場合2000円  
⑤Q24:4000円→Q25:(はい)の場合6000円、(いいえ)の場合3000円

図3 CVM設問

CVM分析では中央支払意思額が年間で約2930円という結果となった。ここで求めた排出権価格に対する回答者の購入確率のグラフを図4に示す。

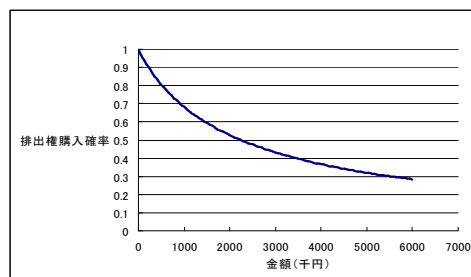


図4 購入確率曲線

## 4 階層ベイズモデルを用いたコンジョイント分析

### 4-1 ベイズ統計学による個人間の効用関数の異質性の考慮

通常のコジョイント分析では、効用関数  $V_{ii}$  のパラメータ  $\beta_{CO_2}, \beta_{Price}$  は分析対象となる集団において一意に決定する。階層ベイズモデルを用いたコンジョイント分析では、パラメータ  $\beta_{CO_2}, \beta_{Price}$  がそれぞれ確率分布を持った確率変数であると仮定することから、通常のコジョイント分析ではデータが少なすぎて行えなかった個人別の効用関数の推定、つまり個人別のパラメータの推定を行うことができる。このときのデータの少なさは、パ

ラメータの分散の大きさという形でパラメータ推定に反映される。ここから、個人別の限界WTPを算出することができる。ベイズ統計学では次のベイズの定理、

$$p(\theta|D) = \frac{p(D|\theta)p(\theta)}{\int_{-\infty}^{\infty} p(D|\theta)p(\theta)d\theta}$$

において、事前分布  $p(\theta)$  と尤度関数  $p(D|\theta)$  から事後分布  $p(\theta|D)$  を求めることを目標としている。今回の事例に当てはめると、 $D$  はデータ、 $\theta$  はパラメータ  $\beta_{CO2}, \beta_{Price}$  を表している。

#### 4-2 マルコフ連鎖モンテカルロシミュレーション (MCMC法)

ベイズ統計学において事後分布を求めるとき、パラメータ  $\theta$  が多変量であるときや、尤度関数  $p(D|\theta)$  に対して事前分布  $p(\theta)$  が共役でないときなどは、事後分布を解析的に解くことが困難、または不可能であることが知られている。ここで用いられるのがMCMC法である。MCMC法ではパラメータと、そのパラメータの分布を特徴付けるハイパーパラメータに適切な初期値を与え、逐次的に1つずつ他のパラメータが与えられた基で、その他のパラメータの乱数を発生させるというプロセスを繰り返すことで、事後分布から発生したとみなせる乱数を生成し、シミュレーションとして事後分布を導く。例えば、 $\beta_{CO2}$  がハイパーパラメータである平均  $\mu_\beta$  分散  $V_\beta$  の正規分布に従うと仮定したとき、 $\beta_{CO2}$  と  $V_\beta$  から  $\tilde{\mu}_\beta$  を発生させ、 $\beta_{CO2}$  と  $\tilde{\mu}_\beta$  から  $\tilde{V}_\beta$  を発生させ、 $\tilde{\mu}_\beta$  と  $\tilde{V}_\beta$  から  $\tilde{\beta}_{CO2}$  を発生させるというプロセスを繰り返す。これを十分繰り返した後には発生する乱数はベイズの定理における事後分布から発生した乱数とみなせることが知られている。図5に実際のシミュレーションにおける  $\beta_{CO2}$  と  $\beta_{Price}$  の回答者全体の平均値の乱数発生過程を示す。

シミュレーションにおける  $\beta_{CO2}$  と  $\beta_{Price}$  の回答者全体の平均値の乱数発生過程を示す。

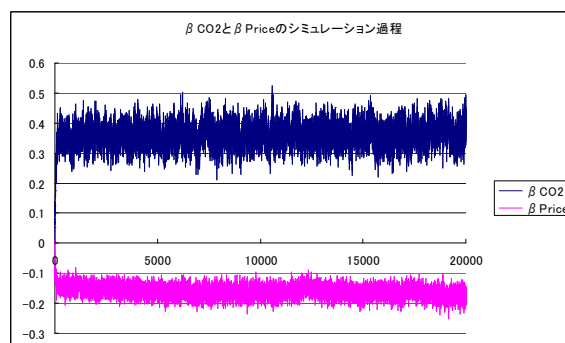


図5 MCMCシミュレーション過程

#### 4-3 個人別限界WTPの算出

個人別の限界WTPの算出に関しては、 $\beta_{Price}$  の符号がマイナスであるものは論理的に不合理になってしまうので省いた。また、限界WTPの算出式の分母である  $\beta_{Price}$  が0に近いとき、限界WTPの絶対値は異常に大きくなってしまいますので、各回答者の限界WTPを算出した後、箱ひげ図を用いて外れ値を特定し、データから省いた。これらの作業を施した後の限界WTPのヒストグラムを、自身の保有自動車から排出される二酸化炭素10%削減当たりのもものと二酸化炭素1トン削減当たりのもについてそれぞれ図6、図7に示す。

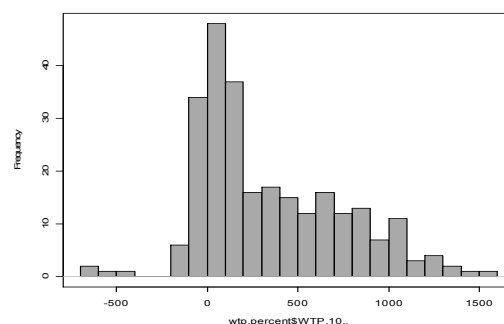


図6 限界WTP (円/10%)

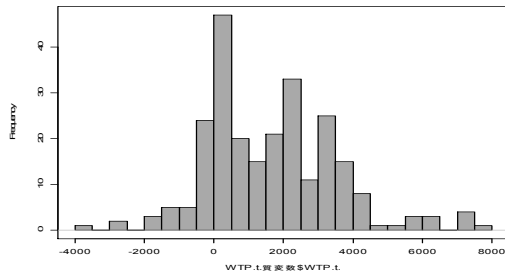


図7 限界WTP (円/トン)

## 5 結果とまとめ

### 5-1 二酸化炭素削減ポテンシャル(ケース:年代別)

20代のWTPの平均値が $T_{20代}'$ (円)、ある回答者 $n$ の保有自動車からの年間CO<sub>2</sub>排出量が $x_n(t)$ 、限界WTPの値が $U_n$ (円/t)、排出権価格単価が $P$ (円/t)であったとする。このとき、各回答者は自身の保有自動車から排出されたCO<sub>2</sub>をオフセットする目的で、排出権を $T_{20代}'$ (円)までなら購入する意志があると仮定する。しかし、排出権価格単価 $P$ (円/t)が限界WTPの値 $U_n$ (円/t)よりも高かった場合は購入を見送る。このとき回答者 $n$ によって購入される排出権量 $C_n'(t)$ は、

$$C_n'(t) = \begin{cases} \min\left\{\frac{T_{20代}'(\text{円})}{P(\text{円}/t)}, x(t)\right\} & (U_n \geq P(\text{円}/t)) \\ 0 & (U_n < P(\text{円}/t)) \end{cases}$$

となり、20代の各回答者の購入見込み排出権の総量 $\sum_n C_n'(t)$ で計算される。最終的にこ

れを各年代において合計し、排出権価格単価に変化による二酸化炭素削減ポテンシャルを計算した。その時のグラフを図8に示す。排出権価格が1トン当たり1,000円、2,000円、3,000円であるときの二酸化炭素削減ポテンシャルはそれぞれ、47.7%、23.3%、9.4%となった。これは、2005年の二酸化炭素排出量乗用車家計利用寄与分が約8000万トンであ

ることを考えると、それぞれ3816万トン、1864万トン、752万トン分の二酸化炭素に相当する排出権ということになる。2010年度の予測温室効果ガス排出量に対し京都議定書目標達成に不足すると考えられている二酸化炭素削減量が2000万トン~3400万トンであることを考えると、排出権の価格如何によってはその不足分を補うことができる二酸化炭素削減ポテンシャルが「排出権同時購入型自動車保険」にあることがわかる。

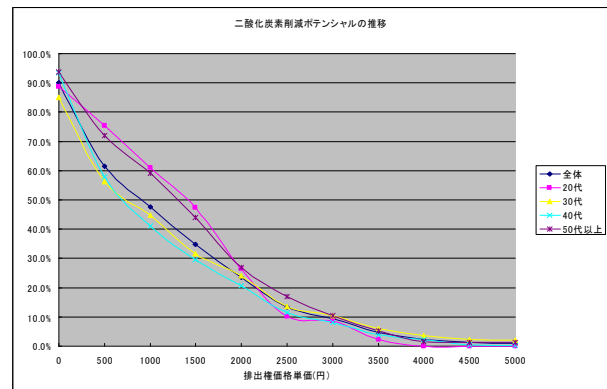


図8 二酸化炭素削減ポテンシャル

また、排出権価格が1トン当たり4000円以上になると、CO<sub>2</sub>削減ポテンシャルはほとんど見込めなくなってしまうことも伺え、普及に際しては価格戦略が重要になってくるであろう。

### 5-2 まとめ

本研究では排出権同時購入型自動車保険に関するコンジョイント・CVM分析を行った。また、階層ベイズモデルを用いて個人別の限界WTPを算出し、CVMの結果とあわせて二酸化炭素削減ポテンシャルの評価を行った。

#### 参考文献)

中妻照雄; 入門ベイズ統計学: 朝倉書店 (2007)  
阿部誠ら; マーケティングの科学: 朝倉書店 (2005)