

電気自動車における消費者の意思決定を考慮した環境政策評価

環境システム学専攻 66762 日向野 智邦 2008年3月修了

指導教員 吉田 好邦准教授

キーワード：電気自動車、リアルオプションアプローチ (ROA)、効用理論

1. 序論

2008年を迎え、京都議定書における第一約束期間に突入した。日本では、90年比で6%CO₂削減が目標であるが、目標達成には困難な状況である。そのため、CDMを通じた排出権の取得や植林などでCO₂吸収量を増やそうとしているが、人間活動から排出されるCO₂を削減することは長期的な視点でも重要である。その中でも、運輸部門のCO₂排出量はエネルギー転換部門、産業部門に次いで大きな排出量を占める。また、自動車産業は日本において基幹産業の一つであり、そのエンドユーザもCO₂を減らさなければならない。その中で、産業の持続と環境を両立できると考えられるのがクリーンエネルギー自動車であり、この普及が将来重要となってくると考えている。

2. 目的と方法

クリーンエネルギー自動車には、水素燃料自動車 (FCEV)、純電気自動車 (BEV)、ハイブリッド自動車 (HEV)、天然ガス自動車などが挙げられる。これらは、ガソリン自動車と比べてCO₂排出量は少ないが、価格が高い、航続距離が短い、インフラが整っていないなどのデメリットがあることから普及が進んでいない。価格においては、大量生産が進めば価格は下がっていくだろうといわれている。その中でも、FCEVは究極のエコカーといわれているが、「JHFC 総合効率検討結果報告書」⁽¹⁾によると、LCA でみた1km走行当りのCO₂排出量はBEVのほうがFCEVよりも少ないという結果が得られている。また、価格もBEVのほうが安い。BEVは航続距離が短いことから、本研究では軽自動車の短距離トリップに限定してその代替可能性を論じる。そこで、まず軽自動車からどの程度CO₂が排出されているのかを試算し、軽自動車の短距離トリップからのCO₂排出量が多いことを示す。また、短距離トリップにおいては、コールドスタートの影響が大きいと考えられることから実燃費を計測し、その実燃費を用いてCO₂排出量を算出する。その上で、リアルオプションアプローチ (ROA) ⁽²⁾を用いて消費者の投資基準を算出する。

3. 軽自動車からのCO₂排出量試算

3.1 CO₂排出量試算方法

道路交通センサス⁽³⁾と自動車輸送統計調査年報⁽⁴⁾を用いてCO₂排出量の試算を行う。前者からは一日あたりのトリップキロ別の走行車両台数(平日・休日)が得られ、後者からは一年間の軽自動車総走行距離(km)が得られる。これらを用いてトリップキロ別の走行距離を算出した。

3.2 実燃費の計測

実燃費を用いた CO₂ 排出量の試算を行うため、燃費マネジャーを用いて燃費計測を行った。計測は、ダイハツムーヴ(カタログ燃費 21.0km/L)を用い、8月(平均気温 41.8℃)、10月(同 25.3℃)、1月(同 12.1℃)に分けて行った。その結果を表1に示す。

表1 実燃費の低下率(対カタログ燃費)

実施日	実燃費低下率(対カタログ燃費)					
	5km 未満	5-10km	10-15km	15-20km	20-25km	25-30km
8月3日(41.8℃)	38.0%	32.3%	34.6%	34.9%	36.1%	34.6%
10月2日(25.3℃)	42.5%	31.3%	32.5%	34.1%	35.8%	35.4%
1月12日(12.1℃)	53.0%	35.8%	34.3%	33.5%	33.4%	32.5%

この結果をみればわかるように、気温が低いほど 5km 未満における実燃費が悪化するのわかる。この結果を用いて CO₂ 排出量を算出したものが図1である。なお、カタログ燃費は 24.6km/L を用いている。

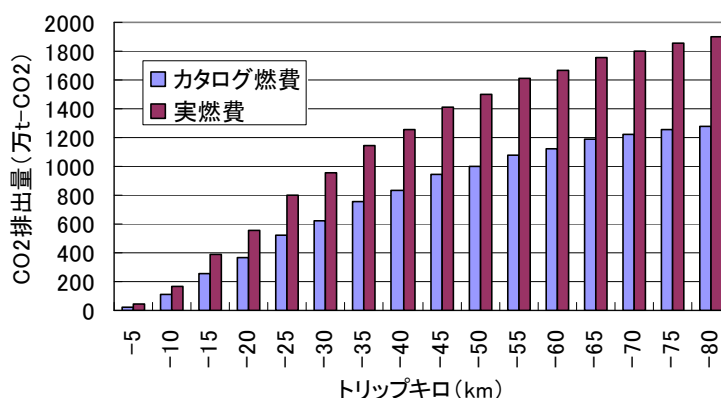


図1 軽自動車からの年間 CO₂ 排出量

図1をみれば、30km 未満でも CO₂ 排出量はおよそ 1000 万 t-CO₂/年でかなり大きいということがいえる。

4. リアルオプションアプローチ (ROA)

消費者の意思決定を考えるにあたり、ROA を用いる。ROA は、将来に不確実性がある場合、それを織り込んだ上で投資基準を算出できる。プロジェクトバリューを V 、投資費用を I とするとベルマン方程式より

$$F(V, t) = \max \left\{ V - I, (1 + \rho \Delta t)^{-1} E \left[F(V + \Delta V, t + \Delta t) | V \right] \right\} \quad (1)$$

ρ : 微小時間当たりの割引率

となり、この式を整理し、 $\Delta t \rightarrow 0$ とすれば

$$F_t(V, t) + F_V(V, t) + \frac{1}{2} F_{VV}(V, t) - \rho F(V, t) = 0 \quad (2)$$

となる。ここで、消費者の投資基準を考える場合、BEV と軽自動車の差額を支払うことによりガソリン代と電気代の差額の利益を得るということになる。ガソリン代と電気代の差額の利益を R 、ガソリン使用量を $X(L)$ とすれば

$$R = \delta PX$$

$\delta = 1 - \text{電気自動車1kmあたり走行費用(円/km)} / \text{軽自動車1kmあたり走行費用(円/km)}$

また、この場合ガソリン価格が重要となる。本研究では、ガソリン価格は以下の幾何ブラウン運動に従うと仮定する。

$$dP = \alpha P dt + \sigma P dz \quad (3)$$

最尤推定法により 1987.4~2007.10 のガソリン価格データを用いてパラメータを推定すると、 $\alpha = 0.008$ 、 $\sigma = 0.046$ となる。さらに、偏微分方程式は次のように置くことができる。

$$F_t dt + \alpha R F_R dt + \frac{1}{2} \sigma^2 R^2 F_{RR} dt - \rho F dt = 0 \quad (4)$$

$$F(R^*, t) = V(R^*, t) - I$$

$$V(R, t) = \int_0^T \delta P X e^{(\alpha - \frac{1}{2}\sigma^2)t} e^{-\rho t} dt + \pi$$

$V(R, t)$: 時間価値換算した利益の合計

T : 自動車の使用年数

π : 追加的な利益 (補助金など)

この偏微分方程式は解析的には解くことができないので、前進差分近似と Crank-Nicolson 法を用いた有限差分法と、射影 SOR 法を用いた自由境界問題の解法を用いることになる。ここでは、以下のケースにわけて政策を行ったときの投資基準の評価を行う。

Case I 政策を行わない場合

Case II 補助金を 2 倍にした場合 (現状 30.4 千円)

Case III 自動車重量税が半分になった場合 (現状 4400 円/年)

電気自動車の車両価格は 500 万円、300 万円、150 万円の 3 通りを設定した。しかし、500 万円のときの最適投資基準はおよそ 1500-1700 円/L、300 万円のとき 650-780 円/L となり、現実問題として投資基準を満たすことはないという結果になった。車両価格が 150 万円のときの結果は図 2 に示すとおりである。

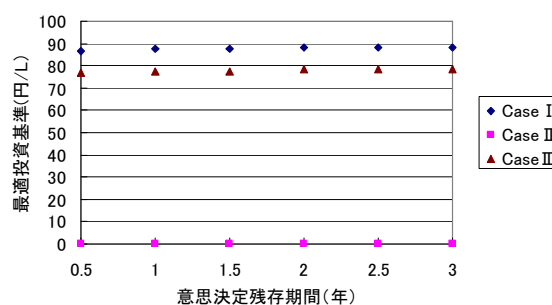


図 2 電気自動車車両価格が 150 万円のときの最適投資基準

これらの結果により、電気自動車の車両価格が 300 万円台のときは最適投資基準を満たさず、150 万円まで下がれば満たすようになる。また、電気自動車と軽自動車の価格差を変化させて現状のガソリン価格で電気自動車を購入するのが最適となる価格差を算出した。その場合、車両価格差が Case I、III で 160~170 万円、Case II で 190~200 万円で購入するのが最適という結果になった。

なお、ハイブリッド自動車に対しても同じ分析を行った結果、最適投資基準は約 123 円/L となり、投資を行うのが最適という結果になっている。

5. 効用と不確実性

ROA により不確実性と利益の観点から投資基準を算出したが、消費者は利益の観点のみから投資を行うことは少ない。そこで、効用関数⁽⁵⁾を用いての分析を行った。なお、将来の不確実性を織り込む手法として期待効用仮説を用いている。期待効用が不確実性により、低下する様子を意思決定残存期間 τ 毎に図 3 に、また不確実性を織り込んだ場合消費者が許容できる電気自動車の価格上昇率を図 4 に示す。

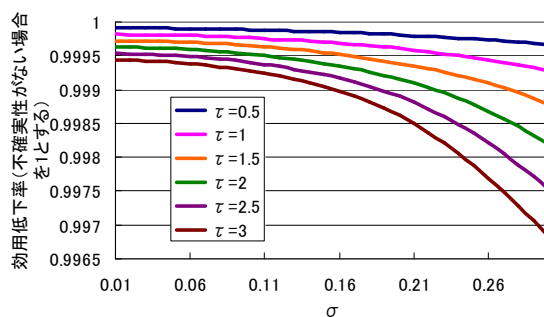


図 3 ガソリン価格の不確実性による効用の低下

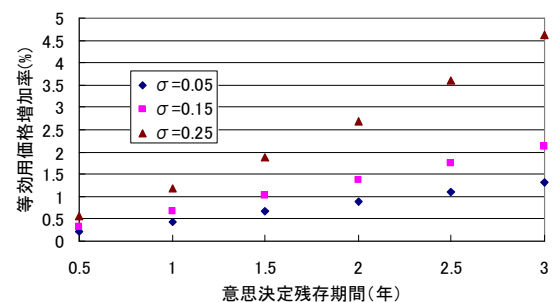


図 4 不確実性下における投資基準の上昇

6. まとめ

短距離トリップにおける軽自動車からの CO₂ 排出量が、コールドスタートを考慮した実燃費で試算すると大きいことを示し、次いで BEV に対する消費者の投資判断を ROA と効用理論を用いて定量的に分析した。ROA では不確実性を織り込んだ場合、電気自動車車両価格が 160 万円台であれば投資が最適となり、期待効用仮説に基づけばガソリン価格の不確実性下では、ガソリン価格に不確実性がない場合よりも 0.2-1.3% 程度価格が高くても許容できるという結果になった。

7. 参考文献

- (1) JHFC 総合効率検討結果報告書、JHFC 総合効率検討特別委員会、2006
- (2) ディキスト、ピンディク、投資決定理論とリアルオプション、エコノミスト社、2002
- (3) 平成 11 年度道路交通センサス OD 調査 オーナーマスターデータ、国土交通省
- (4) 自動車輸送統計調査年報、国土交通省
- (5) 燃料電池自動車の設計・評価・普及に関する研究、長谷川貴彦、2005