

逐次動学SCGEモデルによる中国での新エネルギー車普及促進政策評価

山梨大学 学生会員 ○張海昌
 山梨大学 正会員 武藤慎一

1. はじめに

中国経済は、近年驚異的な高度成長を達成し、国民生活が豊かになったとともに、モータリゼーションが進展し工業化と都市化も進んだ。それにより、PM2.5等の環境汚染が深刻となり、国民健康への影響が懸念されている。また、石油の消費も急増し、地球温暖化問題とともにエネルギー安全保障面からの懸念も指摘されている。そのため、新エネルギー自動車(以下「新エネ車」という)への注目が高まっている。中国では、新エネ車とは、電気自動車(EV)、プラグインハイブリッド車(PHV)および燃料電池車(FCV)を指す。しかし、新エネ車は車体価格が相対的に高く、なかなか普及していない状況にある。これに対し、購入補助金や税制優遇措置、ナンバープレートの優先交付などユーザーへの支援施策も導入されてきた。しかし、補助や税の優遇は税源が必要であるし、優先ナンバー交付は従来車の購入者には不利益をもたらす。

そこで本研究では、補助や税の優遇などの新エネ車普及促進策について、財源負担や政策の不利益を加味した上で、効率的に普及促進させる政策水準を明らかにすることを目的とする。具体的には、新エネ車への投資を考慮した逐次動学 SCGE モデルを開発し、政策の負担面も含めた新エネ車普及促進政策の評価を行う。

2. 中国における自動車普及の現状

中国では、2000年に入り急速に自動車台数が増加している(図-1)。2010年に入り、マクロ経済調整や政策導入によって少しスピードダウンしたが、自動車保有の増加は続く見込みとされている。一方で、新エネ車の



図-1 中国の自動車普及台数¹⁾

普及は普及推進モデル都市でも三分の二の都市は普及目標に及ばない状況である(図-2)。

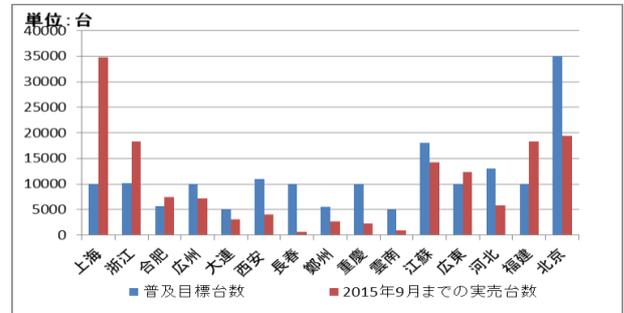


図-2 15都市の新エネ車普及状況および普及目標²⁾

3. 自動車保有・利用の費用推移

新エネ車が普及しない原因として、航続距離への不安や充電インフラの不足、そして価格の高さが最大の障壁と考えられる。しかし、新エネ車は基本的には燃費が良いため、自動車の購入から廃棄までの保有・利用の総費用を見ると、実は従来車より安くなる可能性がある。そこで、総費用構成を以下の通りとして、新エネ車と従来車の総費用を推計して比較を行った。

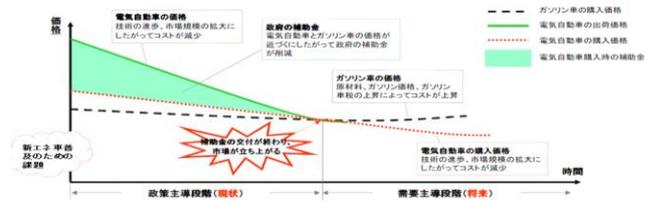


図-3 新エネ車の市場発展のモデルイメージ³⁾

総費用 = 車体費用 + 保有費用 + 走行費用 - 補助金 - 減税額
 ただし、保有費用 = (保有税 + 車検費用 + 保険料) [元/年] × 保有年数、走行費用 = 燃料代 [元/年] × 保有年数

なお、ここでは乗用車が15年15万キロ走るとして、新エネ車(EV車)と従来車(ガソリン車)の総費用を推計した。その結果が表-1である。最終的には従来車の総費用の方が高くなっていることがわかる。

表-1 計算結果(補助金は北京の額) 単位: 万元

例となる車種	車体費用	保有費用	ランニングコスト	減税額	補助金	総額(万元)
騰勢(2014尊贵版)	39.9	9.7	1.764	2.5	10.8	38.064
ベンツB200	30	13.65	8.775	0	0	52.425

キーワード: 新エネルギー自動車, 逐次動学 SCGE モデル, 普及促進策評価

連絡先: 〒400-8511 山梨県甲府市武田 4-3-11 山梨大学工学部土木環境工学科 TEL: 055-220-8599 E-mail: smutoh@yamanashi.ac.jp

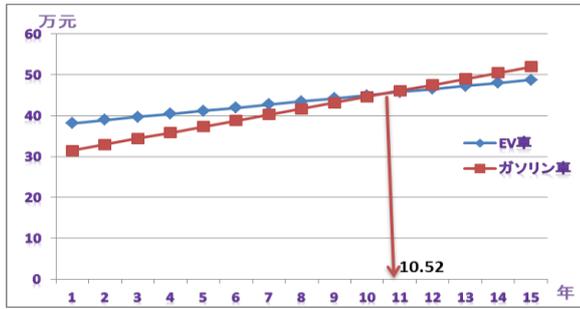


図-4 保有年数による総費用の推移

総費用の推移の推計結果を示したものが図-4 である。初期時点ではEV車の総費用が高いが、保有年数が長くなるにつれ、EV車と従来車の費用の差額が縮小する。そして、保有年数が10.5年を超えると、EV車の総費用が従来車を下回ることがわかる。なお、これは補助金をゼロとしたケースであり、補助金を導入すればその年数はさらに短くなる。

4. 動学 SCGE モデルの構造

3節では、EV車は初期費用が高いが、総費用から見れば従来車より安くなる可能性のあることを明らかにした。これは、車両購入に伴うEV車の初期投資がEV車普及の障害になっていることを示唆するものといえる。そこで本研究では、秋山⁴⁾による空間的応用一般均衡モデルの動学化を行い、EV車あるいは新エネ車の購入に対する助成等の効果を明らかにする。以下では本モデルの概要を示す。

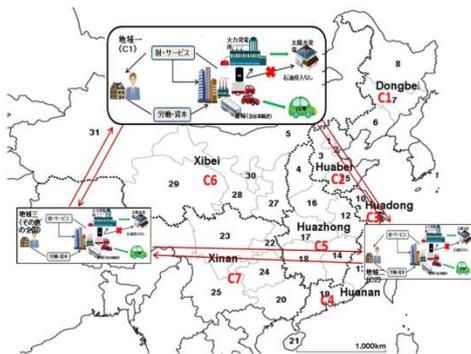


図-5 動学SCGEモデルで想定する経済の全体構成

本SCGEモデルは、中国を対象として、中国全土を3地域に分割する。各地域には14部門の産業と1部門の運輸からなる企業部門、そして家計部門、政府部門、民間投資部門が存在する。運輸部門はデータの都合により交通機関を考慮せず一つの運輸部門としている。

企業は、家計が提供する生産要素（労働，資本）および中間財を投入して財・サービスを生産し、家計は生産要素を供給して所得を得て、その所得をもとに企業の

生産した財・サービスを消費するという経済活動を行う。民間投資部門は家計貯蓄と海外貯蓄を受け取り、民間投資需要を生じさせて民間投資を実行する。なお、本動学モデルは逐次型動学モデルとし、家計の現在消費額と貯蓄額は効用一定下での支出最小化行動により決定されるとする。各年決定される貯蓄額はそのまま投資に回され、その投資額分だけ次期の資本ストックが増大するものと想定する。ここでは自動車も資本として扱い、他の資本とは分けてモデル化する。さらに、新エネ車と従来の化石燃料車とを分けて扱う。ここでは新エネ車を扱いやすいEV車とすることにより、資本市場は、1)EV車資本市場、2)化石燃料従来車資本市場、3)その他の資本市場の3つとしている。各主体の行動モデルは基本的には、秋山でのものと同じであるが、動学化の部分が異なるためその点を中心に記述する。

4.1 家計の行動モデル

家計の行動モデルツリーを図-6 に示す。家計は、生産要素を提供して得た所得から所得税を差し引いたものに対し、現在消費と貯蓄の決定を行う（第一段階）。次に、現在消費に対し、合成消費財と余暇の消費量を決定する。

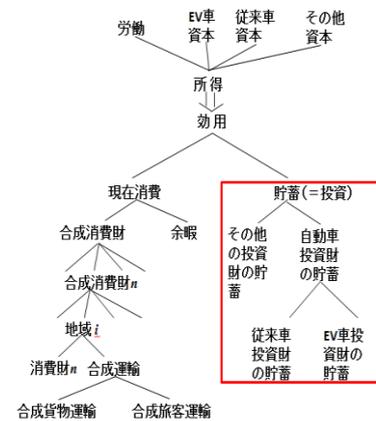


図-6 家計の行動ツリー

一方、貯蓄に対しては、その他の資本への投資に貯蓄するか、自動車資本への投資に貯蓄するかを決定する（第二段階）。最後に、自動車資本貯蓄に対し、従来車かEV車かどちらの資本投資に貯蓄するのかを定める（第三段階）。以下、各段階の定式化を示す。

「第一段階：現在消費と貯蓄」

第一段階の支出最小化行動は以下となる。

$$p_U V_H = \min_{X_H, X_F} p_H X_H + p_F X_F \quad (1)$$

$$\text{s.t. } U_H = \gamma_C \left[\alpha_C \{\beta_C X_H\}^{\frac{\sigma_C-1}{\sigma_C}} + (1-\alpha_C) \{(1-\beta_C) X_F\}^{\frac{\sigma_C-1}{\sigma_C}} \right]^{\frac{\sigma_C}{\sigma_C-1}} \quad (2)$$

ただし、 U_H : 効用; X_H, X_F : それぞれ現在消費量, 貯蓄量, p_H, p_F : それぞれ現在消費財価格, 貯蓄財価格, α_C, β_C, r_C : 分配パラメータおよび効率パラメータ, σ_C : 代替弾力性パラメータ。

第二段階からは投資モデルである。

「第二段階: その他の投資財, 自動車投資財への貯蓄」

家計は第一段階で決定された貯蓄に対し, その他の投資財へ貯蓄するか, 自動車投資財へ貯蓄するかを決定する。その支出最小化行動は以下となる。

$$p_F X_F = \min_{X_O, X_A} p_O X_O + p_A X_A \quad (3)$$

$$\text{s.t. } X_F = \gamma_H \left[\alpha_F \{\beta_F X_O\}^{\frac{\sigma_H-1}{\sigma_H}} + (1-\alpha_F) \{(1-\beta_F) X_F\}^{\frac{\sigma_H-1}{\sigma_H}} \right]^{\frac{\sigma_H}{\sigma_H-1}} \quad (4)$$

ただし、 P_F, P_O, P_A : それぞれ貯蓄財, その他の投資財, 自動車投資財の価格, X_F, X_O, X_A : それぞれ貯蓄量, その他投資財貯蓄量, 自動車投資財貯蓄量, α_F, β_F, r_H : 分配パラメータおよび効率パラメータ, σ_H : 代替弾力性パラメータ。

「第三段階: 従来車投資財, EV車投資財への貯蓄」

次に, 自動車投資財への貯蓄量に対し, 従来車投資財とEV車投資財への貯蓄を決定する。

$$p_A X_A = \min_{X_{GF}, X_{GE}} (1+\tau_G) p_{GF} X_{GF} + (1+\tau_E) p_{EF} X_{EF} \quad (5)$$

$$\text{s.t. } X_A = \gamma_F \left[\alpha_G \{\beta_G X_{GF}\}^{\frac{\sigma_F-1}{\sigma_F}} + (1-\alpha_G) \{(1-\beta_G) X_{EF}\}^{\frac{\sigma_F-1}{\sigma_F}} \right]^{\frac{\sigma_F}{\sigma_F-1}} \quad (6)$$

式(5)の p_{GF} と p_{EF} は, 「投資による収益」と「貯蓄による損失」がバランスするとの仮定, すなわち以下の等式より導出される。

$$r'_G X_G = (1+\tau_G) p_Z X_{GF} \quad (7)$$

ただし、 r'_G : 従来車資本の利子率。なお, これは耐用年数を15年とすると $r'_G = \sum_{t=1}^{15} \frac{r'_G}{(1+i)^t}$ より求められる。ここで、 i : 社会的割引率であり4%とする。また、 X_G の価格すなわち従来車投資財の価格を p_G とし, 式(7)の両辺を r'_G で割った上で p_G を両辺に乗じると以下が得られる。

$$p_G X_G = \frac{(1+\tau_G) p_Z p_G}{r'_G} X_{GF} \quad (8)$$

この結果, 上式の左辺は従来車投資額となり, 貯蓄がそのまま投資に回されるという前提をおけば「投資額=

貯蓄額」が成立するので, 式の右辺は従来車貯蓄額とみることができる。そして, X_{GF} が従来車貯蓄量と考えれば, その価格 p_{GF} は上式の X_{GF} の係数と定義できる。

$$p_{GF} \equiv \frac{(1+\tau_G) p_Z p_G}{r'_G} \quad (9)$$

式(9)は, 従来車貯蓄価格 p_{GF} である。式(9)では, 例えば税率 τ_G が上がると p_{GF} が上昇し, 従来車貯蓄量すなわち従来車投資が減少する。一方, r'_G が上がれば p_{GF} が低下し, 従来車投資が増加するという自然な結果が得られる。

同様にEV車貯蓄価格も $p_{EF} \equiv \frac{(1+\tau_E) p_Z p_E}{r'_E}$ のように

導出できる。これより税率 τ_E を下げれば貯蓄価格 p_{EF} が低下し, EV車貯蓄量すなわちEV車投資が増加する。また, 補助金もEV車投資財価格 P_E を下げるため, 貯蓄量すなわち投資が増加することが表現できている。

4.2 企業・運輸企業の行動モデル

企業の行動モデルは, 秋山でのSCGEモデルと同様である(図-7)。

運輸企業の行動モデルも, 基本的には秋山でのSCGEモデルと同様であり, 本モデルも, 運輸企業はODに対し運輸サービスを提供するものとする。なお, 運輸企業の投入する資本は従来車資本とEV車資本となっている(図-8)。

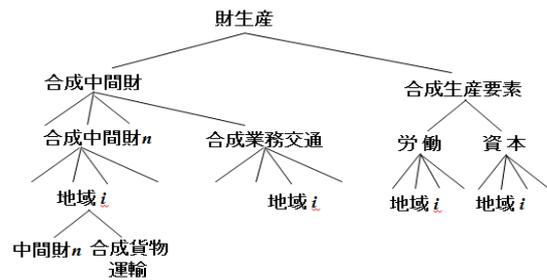


図-7 企業の行動ツリー

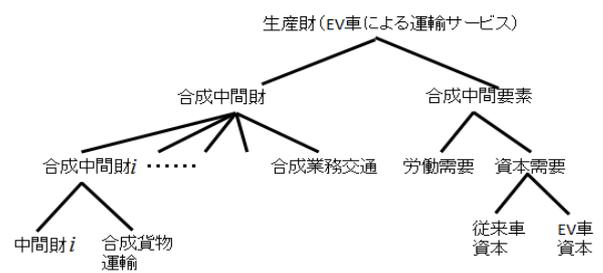


図-8 運輸企業行動ツリー

4.3 二酸化炭素排出量の算定

二酸化炭素排出量は以下より求める。ここでは、化石燃料従来車を投入して生産する運輸部門の生産量に、二酸化炭素排出量原単位を乗じることにより二酸化炭素排出量を算出した。なお、本研究で用いた二酸化炭素原単位は、基準年での二酸化炭素総排出量を総従来車台数で除して求めた、1,504 (tCO₂/年・台)を用いた。

5. 数値シミュレーション結果

数値計算では、まず4.の投資モデルを考慮しない形で計算を行った。すなわち、各資本への投資割合を次のとおり外生的に与えて計算したものである。1)貯蓄率は平均26%で固定とした、2)各自動車への投資は従来車6割、新エネ車4割で固定とした。

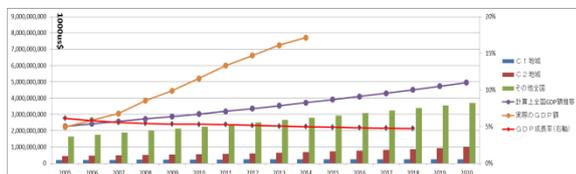


図-9 実質GDPおよびGDP成長率の推移

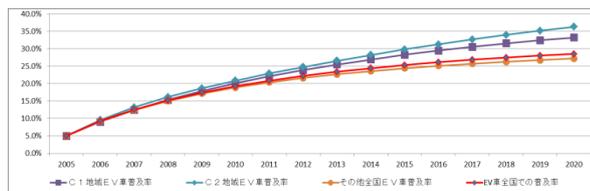


図-10 地域別EV車普及率の推移



図-11 地域別CO₂排出増加率の推移

GDP推計結果は、その他全国のGDP成長率が最も高い結果となった。中国全国では、GDP成長率が2006年の6.4%から徐々に下がるが、最終的には5%の成長率を保つ結果となった。ただし、現実の成長率は再現できていない。これは、企業の生産技術革新がモデルでは考慮できていないためと考えられ、今後その再現に向けた調整計算を行う必要がある。

EV車の普及は、増加率を見るとC2地域が一番大きい。これはC2地域の一人当たりのGDPが最も高く、EV車への投資額が相対的に大きくなったためと考えられる。一方、その他全国は、EV車台数の増加が最も多かったが、普及率は他地域より低い。これは、その他全国の一人当たりGDPは他よりも低く、車体費用の低い従来車

へと投資する傾向がでたためと考えられる。

運輸部門のCO₂排出量は増えているが、増加率は2006年の7%から2020年は2.8%まで大きく下がった。地域別の結果を見ると、その他全国のCO₂排出増加率の低下が最も大きかった。C1地域のCO₂排出増加率は2011年頃で0%になり、その後はマイナスとなった。C2地域は2006年の3%から徐々に下がり、2009年以後は0%となった、これらはEV車普及がもたらした効果と思われる。

6. おわりに

本研究では、新エネ車への投資を考慮した逐次動学SCGEモデルを開発し、政策の負担面も含めた新エネ車普及促進政策の評価が行うための枠組みを構築した。また、投資モデルは考慮できていない形ではあるが、数値計算を行った。その結果は下のとおりである。

(1)EV車の普及率を与えることにより、EV車の普及を介してCO₂排出量がどれだけ削減されるのかが明らかとなった。

(2)家計所得の高いC2あるいはC1地域のEV車普及率が高く、収入の低いその他全国でのEV車普及率は低くなる結果となった。

なお、投資モデルを考慮したEV車普及状況の結果およびEV車普及促進策の評価結果については講演時に報告する予定である。

参考文献

- 趙 瑋琳 「新たな段階に入る中国自動車産業のチャンスと課題」、富士通総研オピニオン
<http://www.fujitsu.com/jp/group/fri/column/opinion/201303/2013-3-2.html>
- 中華人民共和国工信部工信データ
<http://www.miit.gov.cn/>
- チャイナウェイ 「中国における新エネルギー車の発展状況に関する概要資料」
- 「Transnational Interregional Input-Output Analysis: from the perspective of the People's Republic of China」
www.ide.go.jp/Japanese/Publish/Books/Tokei/doc/TIO2005.xlsx
- 秋山孝正 (2014) 「環境未来都市におけるスマートモビリティ政策の評価」、日交研シリーズ A-620、公益社団法人日本交通政策研究会。
- 徳永澄憲/武藤慎一他 (2008) 「自動車環境政策のモデル分析」
- 細江宣裕他 (2004) 「テキストブック 応用一般均衡モデリング」
- 中華人民共和国国家統計局
<http://www.stats.gov.cn/tjsj/nds/>
- 「国民経済の発展の第10次五ヶ年計画に関する報告」
http://www.meti.go.jp/policy/trade_policy/asia/china/html/5yr_plan.html