

遺伝的アルゴリズムを用いた最適外部不経済削減政策水準の導出

岐阜大学 学生員 ○ 酒井祐輝 岐阜大学 正会員 秋山孝正
岐阜大学 正会員 武藤慎一 岐阜大学 正会員 高木朗義

1. 背景と目的

近年、自動車交通に起因する環境問題の中で CO₂ 排出による地球温暖化の問題に関心が集まっており、1997 年には京都で第 3 回気候変動枠組条約締約国会議（以下 COP3）が開催され、各国ごとに CO₂ の削減水準が決定されるまでに至っている。しかし、実際に CO₂ 削減のための自動車抑制を考えた場合、自動車がこれまで我が国の経済や国民生活を支えてきたこともまた事実であり、自動車抑制に伴って生じる経済的な負担についても評価する必要がある。

そこで本研究では、COP3 において採択された CO₂ 削減レベルを達成するための政策として、自動車燃料税増徴策、自動車重量税増徴策を取り挙げ、現在の社会経済システムの中でこれらの政策がもたらす影響、および経済と環境の相互関係を動的応用一般均衡（Dynamic Computable General Equilibrium ; DCGE）モデルを適用して記述する。その上で、燃料税率、重量税率を政策変数として家計の効用水準を最大化する数理最適化問題の定式化を行い、遺伝的アルゴリズム（Genetic Algorithm ; GA）を適用して最適な外部不経済削減政策水準を導出することを目的とする。

2. 対象とする外部不経済削減政策

本研究では、外部不経済を削減するための政策として自動車重量税増徴策と自動車燃料税増徴策を扱う。自動車重量税増徴策は、自動車取得時、あるいは維持に対し税を賦課することにより、自動車の保有を抑制する効果を持つ。自動車燃料税増徴策は、自動車燃料に税を賦課することにより自動車利用を抑制する効果を持つ。しかしながら、重量税増徴策と燃料税増徴策のどちらがより有効な政策であるのか、あるいはそれらをどのように組み合わせればよいのか、という点については明らかにされていないのが現状である。これに対し、本研究では、DCGE モデルを適用することにより、重量税増徴策と燃料税増徴策を同時に扱い、その上で、社会的厚生最大

化問題として、各税率の最適増徴水準を導出しうる最適化モデルの構築を行うこととする。

3. DCGE モデルの概要

社会は、産業、運輸産業、集計された 1 家計、中央政府からなるものとする。

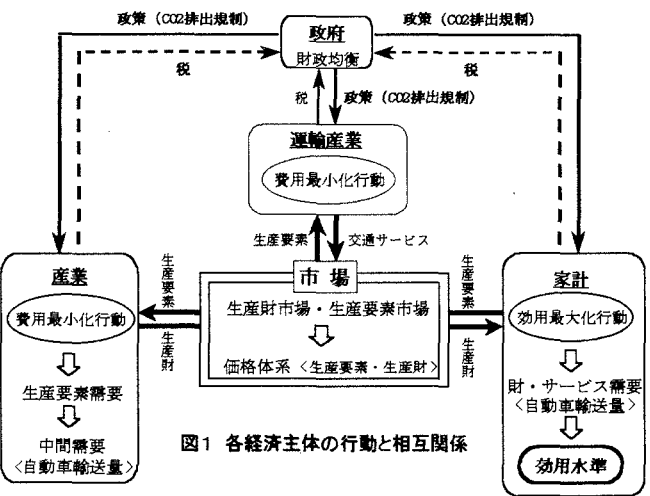


図1 各経済主体の行動と相互関係

家計は、所得と時間の制約の下で効用最大化行動をとるものとする。特に、自家用自動車に関わる旅客運輸サービス消費行動は、家計自らがそのサービスを生産して自らが消費するものとし、そのサービスの生産には、自動車本体と自動車燃料、そして時間資源が投入されるものとする。これにより、重量税増徴策と燃料税増徴策の実施が自動車抑制へ与える影響を評価することが可能となっている。一方、産業は、生産技術制約の下で費用最小化行動をとるものとする。また、動学化に際しては、近視的な仮定の下で次期の収益をもとに最適な投資量を家計が決定するものとする。これらを一般均衡条件も考慮して解くことにより、各期での需要量・供給量とともに効用水準 V_t が求められる¹⁾。

4. 政策水準の最適化モデル

3章にて示した DCGE モデルを制約として、かつ CO₂ の削減レベルを達成するために、前節の V_t を対象期間 T の分だけ合計したものが最大になるような政策水準、すなわち、各期毎の燃料税率、重量

税率を求める問題を考える。これは以下のように定式化される。

$$\max_{\omega_t^f, \omega_t^r} \sum_{t=1}^T V_t \exp(-\rho t) \quad (1.a)$$

$$s. t. \quad x_{AT_{2010}} \leq 1.17 x_{AT_{1990}} \quad (1.b)$$

ただし、 V_t : t 期における間接効用関数、 ω_t^f : 自動車燃料税率、 ω_t^r : 自動車重量税率、 ρ : 主観的割引率、 T : プロジェクト評価期間、 $x_{AT_{2010}}$: 2010年における自動車の輸送量、 $x_{AT_{1990}}$: 1990年における自動車輸送量。

制約条件式 (1. b) は COP3 において採択された我が国における CO₂ 排出削減目標を背景としている。すなわち、近年、我が国の交通運輸分野からの CO₂ 排出量は、高い増加傾向を示しており、今後このままの状態で推移した場合、2010 年における同分野からの CO₂ 排出量は 1990 年の排出量に比べて約 40% 増加すると試算されている。これに対し、運輸省では我が国全体の削減目標である 6% 削減の達成に向け、交通運輸分野について前記 40% の増加を 17% の増加に抑制すべく努力するとされている。なお、ここでは自動車の単位輸送量あたりの CO₂ 排出は一定として、その輸送量を 17% 増にとどめることを制約とする形での定式化を行った。

5. 遺伝的アルゴリズム(GA)の適用

式 (1) は、複雑な非線形の最適化問題となっている。これを解析的に解くことは非常に困難であり、ここでは数値シミュレーションにより解くことを考える。そのための手法の一つが遺伝的アルゴリズム(GA)である。GA は生物の進化プロセスからヒントを得た最適化探索のための手法であり、膨大な政策の組合せが考えられる本研究のような問題を解く際に非常に有効であると考えられる²⁾。

(1) 染色体の生成

GA では、操作変数として染色体と呼ばれる集団の生成を行って、その適応度を計算し、最適な適応度に達するまで染色体を変更していくという計算が行われる。本モデルでは、税率の推移パターンを図2のような形で染色体とおくことにする³⁾。

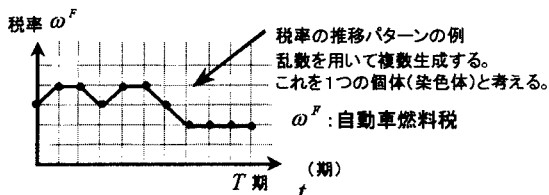


図2 初期集団の生成イメージ

(2) 適応度の計算

例えば、図3に示すように染色体が生成されたとすると、まず、第1期の税率を CGE の枠組みの中に取り入れて計算することによって第1期における資本蓄積量と効用水準が求まる。次に、第1期で求められた資本蓄積量と第2期における税率を同様に CGE の枠組みの中に取り入れて計算することによって第2期における資本蓄積量と効用水準が求まる。同様の操作を目標年次である T 期まで繰り返す。

本研究では、適応度関数として式 (1. a) の目的関数をそのまま適用する。すなわち、以上の操作で求めた各期ごとの効用水準を対象期間の分だけ合計したものの大きさを適応度として評価する。

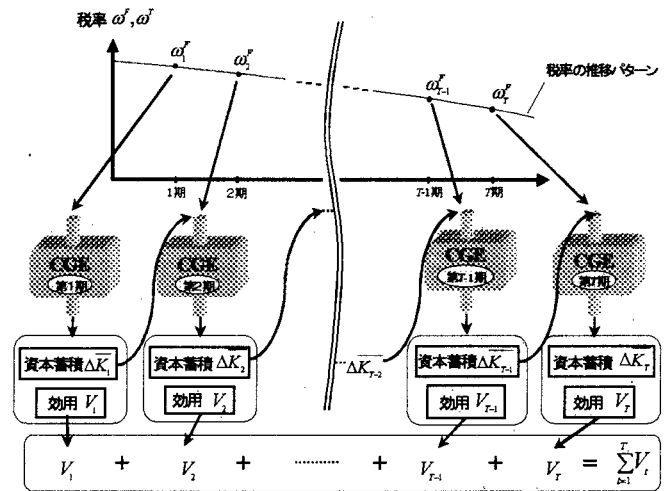


図3 適応度の計算イメージ

5. 結論

本研究では、COP3 における温室効果ガス (CO₂) 削減目標の運輸部門における達成に向け、経済へ与える影響まで考慮した上で最適となる政策水準の導出を非線形最適化問題として定式化した。また、その評価法として GA を適用することの有効性と具体的な方法について示した。なお、本モデルを用いた数値シミュレーションの結果については講演時に紹介する。

【参考文献】

- 1) 武藤慎一 (1999): 環境政策評価への計量厚生分析, 岐阜大学学位論文。
- 2) 北野宏明 (1994): 遺伝的アルゴリズム, 産業図書株式会社。
- 3) 石田良平・村瀬治比古・小山修平 (1997): 遺伝的アルゴリズムの基礎と応用, 森北出版社株式会社。