

最適動学 CGE モデルを用いた地球温暖化による洪水被害の長期的影響評価

山梨大学 学生員 ○西鶴誠希
山梨大学 正会員 武藤慎一

1. はじめに

2015 年 12 月に COP21 (国連気候変動枠組み条約第 21 回締約国会議) が開催され、途上国を含むすべての国が参加するパリ協定が採択された。これにより、今後ますます温室効果ガス (GHG) の抑制に向けた緩和策を実効性のあるものにすることが重要になる。その一方で、地球温暖化の被害に対する適応策の検討も必要となってきた。適応策評価では、政策実施の有無に対する被害額の減少分を便益として計測することになるが、例えば気候変動に伴う洪水被害額では、現状の評価にまだ課題があると森杉¹⁾は指摘している。

現状の洪水被害評価は、治水経済調査マニュアル²⁾に基づき資産被害額や営業停止などにより求められている。しかし、地球温暖化の洪水被害は継続的な被害であることから、長期的な投資行動にも影響をもたらす恐れがあり、それを考慮に入れることが重要と森杉は述べている。森杉は、恒常的な被害として捉えられる地球温暖化による洪水被害の評価では、資本ストック損壊による直接被害だけでなく、投資行動が変化して資本ストック水準が変化することによる経済的影響も生じることを、シンプルなラムゼイモデルに基づき明らかにした。しかし、それらが個別の企業にもたらす影響までは分析できていなかった。

そこで本研究では森杉が提示したラムゼイモデルを基に、最適動学 CGE モデルを構築し、改めて森杉の主張を確認するとともに、資本ストック水準の変化が各産業にどのような影響をもたらす、それが最終的に家計にどのような被害を生じさせるかを明らかにする。

2. 最適動学 CGE モデルの水害被害評価

2.1 最適動学 CGE モデルの全体構成

本研究で構築した最適動学 CGE モデルの全体構成は次のとおりである。モデルには家計、企業、政府、公的投資部門、民間投資部門が存在し、家計は通時的効用を最大化する行動をとるものとする。企業は複数部門を考

慮し、それぞれ瞬時的費用最小化行動をとるものとする。次章でモデルの簡単な定式化を示す。

2.2 最適動学 CGE モデルの定式化

本モデルの代表家計の通時的効用最大化行動モデルは以下のように定式化される。

$$\max_{U_H^t} \int_0^{\infty} (\ln U_H^t) \exp(-\rho t) dt \quad (1a)$$

$$\text{s.t. } \dot{K}^t + \delta K^t = w^t T_H + r^t \varphi \cdot K^t + \sum_m \pi_m - \kappa_H - e_H^t - S_F^t \quad (1b)$$

ただし、添字 t : 時点を表す、 U_H^t : 家計の直接効用関数、 T_H : 家計の総利用可能時間 (本モデルでは固定とする)、 K^t : 資本ストック、 π_m : 企業利潤、 κ_H : 家計の直接税額、 e_H^t : 家計の支出水準、 S_F : 海外貯蓄 (輸出、輸入のモデル化の際に説明)、 w^t, r^t : それぞれ賃金率、利子率、 φ : 資本におけるストックとフローの換算係数、 ρ, δ : 割引率、資本減耗率。

この最適化問題をハミルトニアンにより解くと、以下のオイラー方程式および資本蓄積式が導出される。

$$\text{【オイラー方程式】 } \frac{\dot{e}_H^t}{e_H^t} = r^t \varphi - \delta - \rho \quad (2a)$$

$$\text{【資本蓄積式】 } \dot{K}^t = w^t T_H + (r^t \varphi - \delta) K^t - \kappa_H - e_H^t - S_F^t \quad (2b)$$

本モデルは、式(2)により動学経路が規定される。ただし、ここでは簡単化のため定常状態を考える。定常状態とは時間微分が 0 であることから、式(2)のオイラー方程式と資本蓄積式から以下の条件式が求められる。

$$r^t \varphi = \delta + \rho \quad (3a)$$

$$e_H^t = w^t T_H + r^t \varphi K^t - \delta K^t \quad (3b)$$

式(3a)は純投資が生じるかのバランス式、式(3b)は純投資がゼロのときの財市場の均衡条件を表している。

式(3b)から求められる支出水準によって、家計は各個別財の消費量を決定する。ただし、それらは通常の静学 CGE モデルと同じように階層的ツリー構造による支出最小化行動として定式化されるため、紙面の都合上その定式化を示すことは割愛する。

キーワード 地球温暖化問題、水害被害評価、動学 CGE 分析、便益評価

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 Email.t13ce038@yamanashi.ac.jp

企業は瞬時的最小化行動をとるものとするが、これも静学 CGE モデルと同様であることから定式化を示すことは割愛したい。

2.3 EVによる水害被害額の計測

以上のラムゼイモデルに基づき、洪水被害の計測を行う。地球温暖化に伴う洪水被害は、通常の洪水とは異なり、恒常的に生じている洪水がより深刻化するものとして扱う必要がある。これを森杉は資本減耗率の変化によって表現している。そこで、地球温暖化に伴う洪水被害の増大によって、資本減耗率が δ_0 から δ_1 に変化したとする。このとき、年間の不便益は以下のような定常状態における年間支出水準の変化で表される。

$$EV = \int_{e_{H0}}^{e_{H1}} de_H \quad (4)$$

ただし、添字 0, 1: それぞれ地球温暖化被害なし、地球温暖化被害ありを表す。

式(4)の支出水準変化は、効用水準変化に式展開でき、さらに効用水準変化は家計の財消費の消費者余剰変化、所得変化(企業利潤変化を含む)に分解される。企業利潤変化も求めると、生産者余剰と消費者余剰の変化分が相殺され、EV は最終的に以下ようになる。

$$EV = \int (\rho dK - K d\delta) \quad (5)$$

式(5)の第2項は、資本減耗率の変化による資本ストック額の減少分であることから、これは直接被害額を表すといえる。これに加えて、第1項の資本ストック変化による被害の生じることがわかる。

3. 山梨県における洪水被害評価

3.1 直接被害額の設定

本最適動学 CGE モデルを計算するためには、直接被害額を設定する必要があるが、これは水害統計調査³⁾から得られる過去9年間の山梨県における洪水の平均直接被害額 1,479 百万円/年を用いた。また、地球温暖化が深刻化した場合の直接被害の増加額は 1,183 百万円/年とした。現在の資本減耗率 δ_0 を 9.0% とし、そしてこの地球温暖化による直接被害の増加額より、地球温暖化被害ありの資本減耗率 δ_1 は 9.0172% となる。

3.2 最適動学 CGE モデルによる計測結果

計算にあたっては、現状が定常状態であると想定す

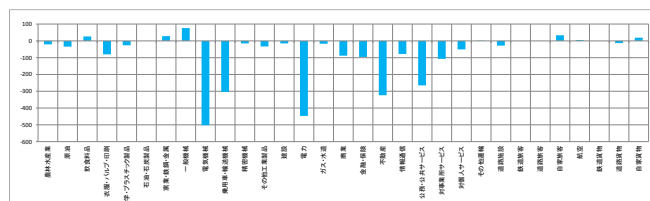


図-1 産業別生産量変化量

る。そのため、現状の産業関連データにおいて民間投資額が現在の資本ストック減耗額と一致するように修正したデータセットを作成し、それによりモデルのパラメータ推定を行った。さらに、時間選好率 ρ を 4.0% として、最適動学 CGE モデルを計算した結果を示す。

洪水は資本ストックの損壊により財価格を上昇させ、需要を減少させる結果として得られる産業別生産量変化を図-1 に示した。電気機械部門の生産量が最も減少している。山梨県では電気機械の生産量が最も多く、当該産業が大きな影響を受けることがわかる。また、EV は 1,466 百万円/年となり直接被害増加額との比率(乗数)は 1.239 となった。森杉²⁾は、全国を対象に、シンプルなラムゼイモデルにより乗数を計算している。その結果は、平均で 1.45 であった。本研究結果との違いは、森杉が生産関数を $Y = AK^\alpha$ (AK モデル) としていることや、対象地域の差異によるものと思われる。

4. おわりに

本研究は洪水被害に着目した地球温暖化の影響を計測するための最適動学 CGE モデルを構築した。そして、山梨県を対象に地球温暖化に伴いどのような洪水被害がどの程度生じるのかを明らかにした。

今後は、洪水リスク低減のための適応策の評価を行っていく必要がある。さらに、COP21 で定めたわが国の GHG の削減目標を達成するためには、どのような緩和策が有効なのかを明らかにしたい。

参考文献

- 1) 森杉壽芳：災害費用をどう見積もるべきか—成長論を適用した新しい定義と計測の提案，西岡秀三，植田和弘，森杉壽芳監修，損害保険ジャパン，損保ジャパン環境財団，損保ジャパン日本興亜リスクマネジメント編著：気候変動リスクとどう向き合か 企業・行政・市民の賢い適応，金融財政事情研究会，第2章 2-4pp.70-84, 2014.
- 2) 国土交通省：治水経済調査マニュアル，2005.
- 3) 国土交通省：水害統計調査，独立行政法人統計調査，2013.