

持続可能な成長のための道路投資と環境投資のあり方に関する研究

山梨大学大学院医学工学総合研究部 正会員 武藤 慎一
山梨大学工学部 学生会員 ○保坂 真美

1. 背景と目的

地球環境問題は、世界中で騒がれる深刻な問題であり、その中でも特に問題とされているのが地球温暖化である。地球温暖化問題に対しては、2008年に日本で洞爺湖サミットが開催され、環境問題について改めて世界全体で見直すこととなった。

二酸化炭素削減に向けて、最も重要なのが一人一人の意識であろう。しかし、これだけでは二酸化炭素削減は難しいと考えられる。そこで、国として何ができるのかを考える必要があるだろう。二酸化炭素の排出源は様々あるが、ここでは運輸部門の自動車から排出される二酸化炭素に注目する。日本は運輸部門からの二酸化炭素排出量が世界で6番目に多い¹⁾。これに対し、環境税の導入や排出権取引などの対策が研究分野では議論されているが、ここでは環境技術の進展による対策に注目する。具体的には、自動車においては燃費向上により二酸化炭素排出量を減少させることが考えられる。実際、我が国ではトッランナー方式による燃費規制策が導入されている。しかし、デメリットとして環境投資の負担を考慮する必要があると考えられる。

一方、現在の日本は、道路はもう十分造られたので新しい道路は必要ないと言われ、道路特定財源の一般財源化が決定された。一般財源化されると、道路整備費の確保が困難となり、道路整備は大幅に減るだろう。しかし、道路整備は物流コストが下がったり自由トリップのコストが下がったりする効果、さらには、渋滞緩和の効果も期待できる。そこで、道路に対する投資も必要と考えられるが、その場合道路整備による交通量の増大が二酸化炭素の増加をまねく恐れがあることにも配慮が必要となる。

以上より、本研究は道路を中心とした社会資本の効率的整備の検討と、それに伴い発生することが予測される二酸化炭素の削減とを同時に検討する。すなわち、最終的には道路投資と環境技術開発のための投資の最適配分を考え、社会的共通資本の効率的蓄積について検討することを目的とする。

2. 現状調査

() 日本の二酸化炭素量の現状

わが国では、2006年度の温室効果ガスの総排出量は13.4億(t-CO₂)で、COP3での基準年(1990年)を6.2%上回っている³⁾。部門別では、産業部門からの排出量が最も多く、運輸部門、家庭部門、業務その他部門では増加率が高くなっている。特に、運輸部門はその約85%が自動車から排出される二酸化炭素である。

() 自動車環境政策の現状

a) トッランナー方式による燃費規制策

これは、規制的手段として1998年から導入され、車両重量別に燃料の目標値を設定しその目標値に達しない自動車は販売を認めないというものである。燃費が向上するため、モビリティを維持したまま二酸化炭素排出量を削減することが可能となる。

b) グリーン税制

経済的手段として2001年度の税制改正によって導入されることとなった。この税制は大気汚染の抑制を第一の目的とし、基本的には高車齢車の税を重課し低排出ガス車または低公害車の税を軽減するという制度である。これにより、燃費の悪い自動車から燃費のよい自動車に乘換えが進み、平均燃費の向上に繋がると期待されている。

() 道路特定財源

道路投資に対しては、現在道路特定財源がある。ここで、道路特定財源の歴史を振り返る。道路特定財源は、戦後の日本を立て直すため、円滑に道路整備が進むよう定められた制度である。当時は、自動車というものは裕福な人が使う贅沢品であり、道路整備に使われる税金を、自動車利用者から徴収することに社会的抵抗は少なかった。しかし、この税制度は現在まで引き継がれており、この税制度に対する問題があがっている。なぜなら、「道路整備はもう十分なので、道路特定財源はもういない」という意見があるからだ。これを受け、道路特定財源の一般財源化という動きがあり、この問題に対し、今後は道路整備費をどこからまかなうのが適切かということを考える必要がある。

3. モデルの概要

前節での議論は、今後の投資のあり方について燃費向上のような環境技術開発に投資するか、道路整備に投資するか、さらに言うと、それらをどのレベルに設定するのが社会にとって最も望ましいかを明らかにすべきことといえる。本研究では応用一般均衡(CGE)分析に基づいて以下の経済システムを提案し、分析を行うこととした。

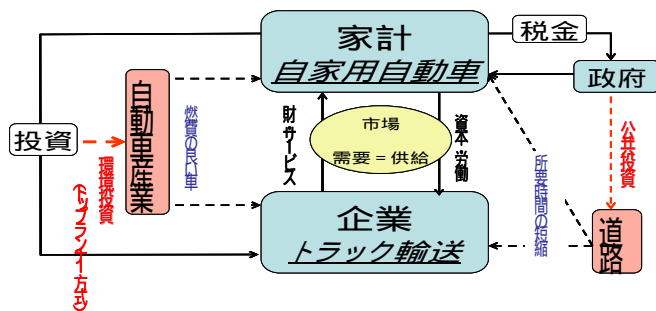


図-1 CGEモデルの概要

本モデルは日本全国を対象としている。モデルには家計と企業が存在し、両者の関係は通常のCGEモデルをベースとしている。代表的家計は効用最大化行動をとり、企業は費用最小化行動をとる。本研究は、道路投資(公共投資)と環境投資の2点にそれぞれどのくらい投資を行えば結果的に社会にとって望ましいかを見ることが目的である。税金の一部を政府が道路投資に回し、これにより道路整備を行えば目的地までの所要時間の短縮が見込まれる。また、研究では貨物マージンを含めた計算を行い、旅客運輸だけでなく、貨物運輸の投入も考慮している。一方、投資の一部を環境投資に回せば自動車関連産業が燃費の良い車を生産し、自動車からの二酸化炭素排出量を減らすことができると考える。

() 企業行動モデル

図2より、企業の行動モデルは三段階にわけて計算する。まず、第一段階ではレオンチェフ型生産技術の制約下で生産費用最小化行動をとるものとする。第二段階では、CES型生産技術の制約の下で生産費用最小化行動を取るものとして、合成生産要素2と資本の需要関数を導出する。第三段階では、第二段階と同じく生産費用最小化行動をとるものとして、労働と運輸の需要関数を導出する。なお、運輸部門のみ自動車燃料を投入するものとし、それは燃費 ω の影響を受ける。そして、ここでは自家輸送も運輸部門によって提供されるものとする。表-1にモデルの定式化を示す。

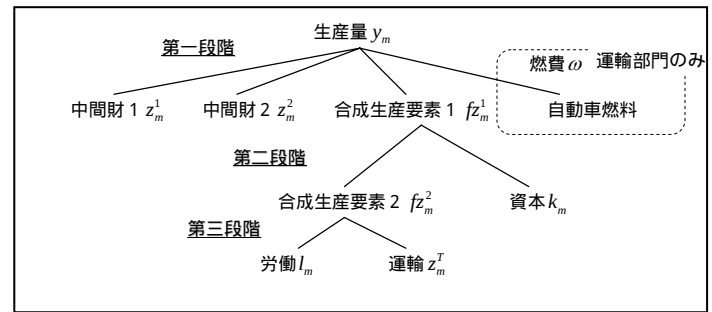


図-2 企業行動モデルのツリー

表-1 よりマージン率と所要時間を通じ、貨物輸送をマークアップとして考慮している。これより、道路整備を行い所要時間が下がれば生産費用も下がり、結果的に財価格が下がることとなる。

() 家計行動モデル

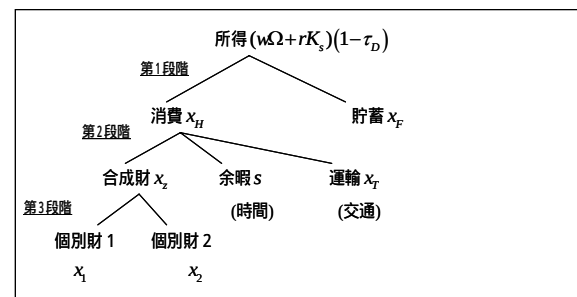


図-3 家計の効用最大化行動モデルのツリー

まず、第一段階では所得を消費と貯蓄のどちらに回すか選択する。直接効用関数は、CES型関数により定式化した。第二段階も第一段階と同様にして定式化することができる。運輸一般化価格については燃費を考慮し、環境投資を行って燃費が向上すると価格が下がることがわかる。第三段階では、コブ・ダグラス型を用いて個別財消費を定式化した。

4. 実証分析

実証分析では、6部門(第一次産業、公共事業、第二次産業、第三次産業、自動車燃料、運輸)を対象とする。まず、平成20年(2000年)産業連関表に基づき、キャリブレーション手法により推定したパラメータを用いてシミュレーション計算を行った。ただし、結果には費用が考慮されていない。

まず、環境投資を行って燃費が向上した場合の結果を示す。ここでは、環境投資額はとりあえず考慮せず、消費削減率を外生的に与えて、その二酸化炭素削減率および便益額を計算した。したがって、環境投資の負担については今後の課題である。

現在、環境目標として、平成22年までに運輸部門に

表-1 企業の費用最小化行動モデルの定式化

	費用最小化問題	中間財，生産要素の各投入量
第一段階	$C_m = \min_{f_m^1, z_m^1} c_m \cdot f_m^1 + \sum_{m'} (1 + \mu_m t) p_{m'} z_m^{m'}$ $\text{s.t. } y_m = \min_{f_m^1, z_m^1} \left[\frac{f_m^1}{a_m^0}, \dots, \frac{z_m^{m'}}{a_m^{m'}}, \dots \right]$	$f_m^1 = a_m^0 y_m$ $z_m^{m'} = a_m^{m'} y_m \quad (m' = 1, 2)$ $C_m = \left[a_m^0 c_m + \sum_{m'} (1 + \mu_m t) a_m^{m'} p_{m'} \right] y_m$
	ただし，m：企業を表す添字 ($m=1, 2$)，f_m^1：合成生産要素 1 投入量，$z_m^{m'}$：企業 m' から企業 m への中間財投入量，y_m：生産量，c_m：合成生産要素の単位費用 (合成生産要素の価格とみなせるものであり，第二段階の最適化問題より導出される)，p_m：m 財価格，a_m^0：合成生産要素投入係数，$a_m^{m'}$：中間投入係数，C_m：生産費用，μ_m：マージン率	
第二段階	$c'_m = \min_{f_m^2, k_m} c_m f_m^2 + r k_m$ $\text{s.t. } f_m^1 = \eta_m^1 \left[\alpha_m^{f^2} f_m^{2-\rho} + \alpha_m^K k_m^{-\rho} \right]^{\frac{1}{\rho}}$	$D_{f_m^2} = \frac{1}{\eta_m^1} \left[\frac{(c_m / \alpha_m^{f^2})^{\frac{\rho}{1+\rho}}}{\alpha_m^{f^2} (c_m / \alpha_m^{f^2})^{\frac{\rho}{1+\rho}} + \alpha_m^K (r / \alpha_m^K)^{\frac{\rho}{1+\rho}}} \right]^{-\frac{1}{\rho}}, D_{k_m} = \frac{1}{\eta_m^1} \left[\frac{(r / \alpha_m^K)^{\frac{\rho}{1+\rho}}}{\alpha_m^{f^2} (c_m / \alpha_m^{f^2})^{\frac{\rho}{1+\rho}} + \alpha_m^K (r / \alpha_m^K)^{\frac{\rho}{1+\rho}}} \right]^{-\frac{1}{\rho}}$ $c'_m = c_m D_{f_m^2} + r D_{k_m}$
	ただし，f_m^2, k_m：それぞれ合成生産要素 2，資本投入量，$D_{f_m^1} (f^1 = f_m^2, k)$：単位合成生産要素 1 あたりの生産要素 f^1 の投入量を表す，η_m^1：効率パラメータ，$\alpha_m^{f^2}, \alpha_m^K$：分配パラメータ (なお $\alpha_m^{f^2} + \alpha_m^K = 1$ として「技術に対し規模に関する収穫一定」の技術を仮定する) $\rho = (1 - \sigma) / \sigma$，$\sigma$：代替弾力性パラメータ	
第三段階	$c_m = \min_{l_m, z_m^T} w l_m + p_T z_m^T$ $\text{s.t. } f_m^2 = \eta_m^2 \left[\alpha_m^L l_m^{-\rho} + \alpha_m^T z_m^{T-\rho} \right]^{\frac{1}{\rho}}$	$D_{l_m} = \frac{1}{\eta_m^2} \left[\frac{(w / \alpha_m^L)^{\frac{\rho}{1+\rho}}}{\alpha_m^L (w / \alpha_m^L)^{\frac{\rho}{1+\rho}} + \alpha_m^T (p_T / \alpha_m^T)^{\frac{\rho}{1+\rho}}} \right]^{-\frac{1}{\rho}}, D_{z_m^T} = \frac{1}{\eta_m^2} \left[\frac{(p_T / \alpha_m^T)^{\frac{\rho}{1+\rho}}}{\alpha_m^L (w / \alpha_m^L)^{\frac{\rho}{1+\rho}} + \alpha_m^T (p_T / \alpha_m^T)^{\frac{\rho}{1+\rho}}} \right]^{-\frac{1}{\rho}}$ $c_m = w D_{l_m} + p_T D_{z_m^T}$
	ただし，l_m, z_m^T：それぞれ労働，運輸投入量，$D_{f_m^2} (f^2 = l, z^T)$：単位合成生産要素 2 あたりの生産要素 f^2 の投入量を表す，η_m^2：効率パラメータ，α_m^L, α_m^T：分配パラメータ (なお $\alpha_m^L + \alpha_m^T = 1$ として「技術に対し規模に関する収穫一定」の技術を仮定する) $\rho = (1 - \sigma) / \sigma$，$\sigma$：代替弾力性パラメータ	

表-2 家計の効用最大化行動モデルの定式化

	効用最大化問題	財・サービス需要関数・効用水準
第一段階	$V = \max_{x_H, x_F} \left[\beta_H^{\frac{1}{\sigma_1}} x_H^{\nu_1} + (1 - \beta_H)^{\frac{1}{\sigma_1}} x_F^{\nu_1} \right]^{\frac{1}{\nu_1}}$ $\text{s.t. } p_H x_H + p_F x_F = (w\Omega + rK_S)(1 - \tau_D) \quad [\equiv I_1]$	$x_H = \frac{\beta_H I_1}{p_H^{\sigma_1} \Delta_1}, \quad x_F = \frac{(1 - \beta_H) I_1}{p_F^{\sigma_1} \Delta_1}$ $\Delta_1 = \beta_H p_H^{(1-\sigma_1)} + (1 - \beta_H) p_F^{(1-\sigma_1)}$ $V = I_1 \cdot \Delta_1^{\frac{1}{\sigma_1-1}}$
	ただし，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 (これらは後に改めて定式化する)，Ω, K_S：それぞれ総利用可能時間，資本ストック保有量，I_1：総所得，τ_D：直接税率，β_H：分配パラメータ，$\nu_1 = (\sigma_1 - 1) / \sigma_1$，$\sigma_1$：代替弾力性パラメータ，$V$：効用水準。	
第二段階	$x_H^* = \max_{x_Z, s, x_T} \left[\beta_Z^{\frac{1}{\sigma_2}} x_Z^{\nu_2} + \beta_S^{\frac{1}{\sigma_2}} s^{\nu_2} + \beta_T^{\frac{1}{\sigma_2}} x_T^{\nu_2} \right]^{\frac{1}{\nu_2}}$ $\text{s.t. } p_Z x_Z + w s + q_T x_T = I_1 - p_F^* x_F^* \quad [\equiv I_2]$	$x_Z = \frac{\beta_Z I_2}{p_Z^{\sigma_2} \Delta_2}, \quad s = \frac{\beta_S I_2}{w^{\sigma_2} \Delta_2}, \quad x_T = \frac{\beta_T I_2}{q_T^{\sigma_2} \Delta_2}$ $\Delta_2 = \beta_Z p_Z^{(1-\sigma_2)} + \beta_S w^{(1-\sigma_2)} + \beta_T q_T^{(1-\sigma_2)}$ $x_H^* = I_2 \cdot \Delta_2^{\frac{1}{\sigma_2-1}}$
	ただし，x_Z, s, x_T：それぞれ合成財消費量，余暇 (時間)，運輸 (交通) 消費量，p_Z：合成財価格 (これは後に改めて定式化する)，$q_T (= p_T \omega + w t)$：運輸 (交通) 一般化価格，p_T, ω, t：それぞれ運輸価格，燃料価格，交通所要時間，$\beta_Z, \beta_S, \beta_T$：分配パラメータ (ただし $\beta_Z + \beta_S + \beta_T = 1$)，$\nu_2 = (\sigma_2 - 1) / \sigma_2$，$\sigma_2$：代替弾力性パラメータ，$x_H^*$：現在消費に係わる効用水準。	
第三段階	$x_Z^* = \max_{x_m} \prod_m x_m^{\beta_m} \quad (m = 1, 2)$ $\text{s.t. } \sum_m p_m x_m = I_2 - w^* s^* - q_T^* x_T^* \quad [\equiv I_3]$	$x_m = \frac{\beta_m}{p_m} I_3 \quad (m = 1, 2)$ $x_Z^* = I_3 \cdot \prod_m \left(\frac{\beta_m}{p_m} \right)^{\beta_m}$
	ただし，x_m：個別財 m の消費量 ($m = 1, 2$)，p_m：m 財価格，β_m：分配パラメータ (ただし $\sum_m \beta_m = 1$)，x_Z^*：合成財消費に係わる効用水準。	

において二酸化炭素の約 11%の削減目標がある。これより、この 11%削減の結果を次に示す。これを見ると、二酸化炭素は 6 %強の削減となっている。これは、自動車燃料部門の生産量と連動するものなので、これも 6 %強の減少となる。この生産量の減少が国民所得の低下を招き負の便益をもたらしているのではないかと考えられる。

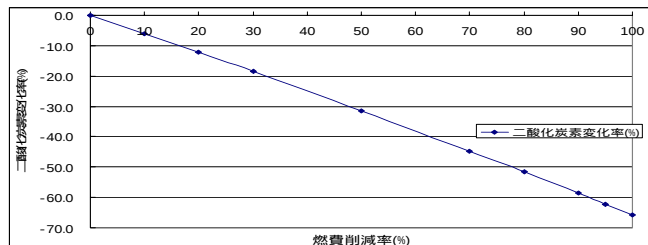


図-4.1.a 燃費削減率と二酸化炭素変化率

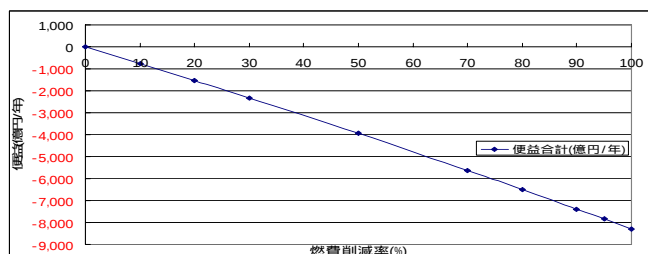


図-4.1.b 燃費削減率と便益効果

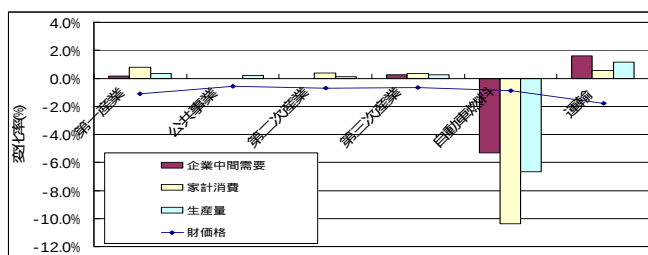


図-4.1.c 企業別、財価格変化率

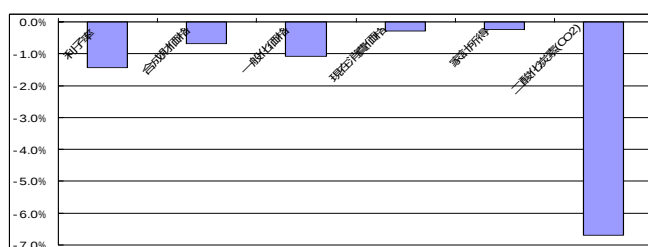


図-4.1.d 各部門の変化率

続いて、道路投資を行い所要時間が短縮された結果を示す。ただし、混雑は考慮していない。なお、ここでも投資額は明示化されていない。交通所要時間の具体的目標値は掲げられていないのでここでは、所要時間を 5 %削減するとして求められた結果について示す。所要時間の削減は、貨物は運輸投入の節約をもたらすが、家計の交通は誘発交通を生じさせるため、結果として二酸化炭素の増加を招く。

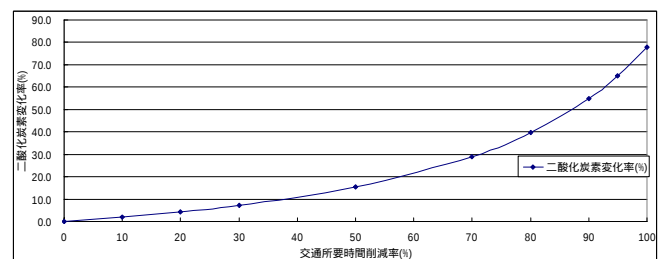


図-4.2.a 交通所要時間削減率と二酸化炭素変化率

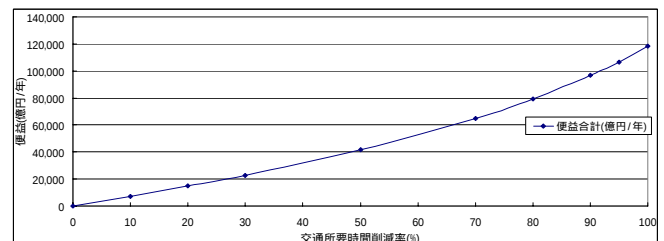


図-4.2.b 交通所要時間削減率と便益効果

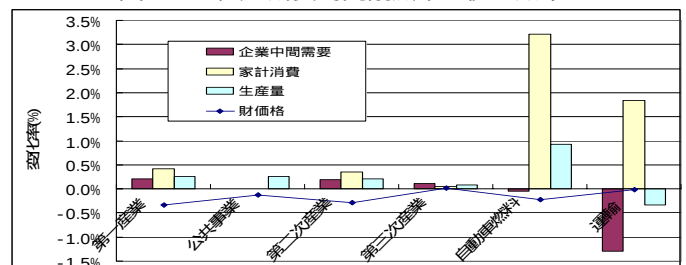


図-4.2.c 企業別、財価格変化率

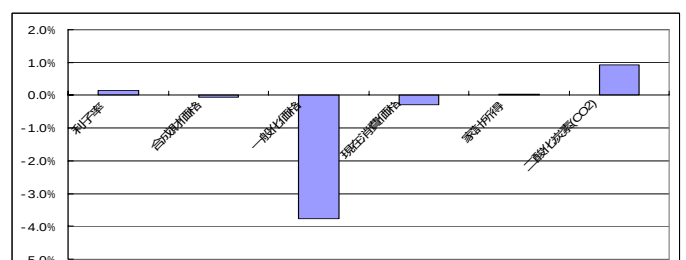


図-4.2.d 各部門変化率

5. まとめ

本研究では、二酸化炭素排出量の削減に対し、最も適切な投資レベルを計測するための CGE モデル分析を構築した。道路整備そして、増加した二酸化炭素は環境投資で処理できないか、それにより二酸化炭素レベルを増加させずにモビリティを維持することも可能ではないと思われる。

参考文献

- 1) AFP BB NEWS : 主要国における CO2 排出量, 2007 年 .
- 2) 徳永澄憲, 武藤慎一, 黄永和, 孫林, 沖山充 : 自動車環境政策のモデル分析, 文眞堂, 2008 .
- 3) 環境省 HP : 我が国の温室効果ガス排出量, 2006 .
- 4) 森杉壽芳・河野達仁 : 道路投資の便益評価, 第 11 章, pp282-304 .