

マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの開発

Dynamic Computable General Equilibrium Model Considering Macro Economic Functions

佐藤 徹治*

By Tetsuji SATO

1. はじめに

1990年代後半から本格的な開発が始まった交通施設整備の評価を目的とした応用一般均衡モデル(CGE: Computable General Equilibrium Model)やこれを空間的に拡張した空間的応用一般均衡モデル(SCGE: Spatial CGE Model)は、近年では、海峡横断道路プロジェクトなど大規模交通施設整備の評価に用いられている。ただし、応用一般均衡モデルは、基本的に1時点の評価を対象とした静学モデルであり、時間のおよび空間的にClosedなモデル体系であるために、労働や資本ストックの変化を考慮した長期的な分析には不適切であるという指摘がなされている。最近では、応用一般均衡モデルを長期に拡張した動学的応用一般均衡モデル(DCGE: Dynamic CGE Model)が開発されている¹⁾²⁾。しかし、これまでに提案されている動学的応用一般均衡モデルは、マクロ計量経済モデルと比較すると、経済諸変数、特に民間設備投資や民間資本ストックの過去の再現性が低く、モデルの信頼性を問われ、実際にはアカウンタビリティの観点から支障をきたすことが多い。ただし、応用一般均衡モデルは、厳密な意味でのミクロ経済学的基礎(行動理論)に基づいており、交通施設整備に伴う効用増加を直接評価できる、といったマクロ計量経済モデルにはない長所を有する。

以上の背景から、本稿では、通常に応用一般均衡モデルにいくつかのマクロ経済関数を組み合わせた現況説明力の高い動学的応用一般均衡モデルを提案する。さらに、開発したモデルを国民経済レベルの交通施策シミュレーションに適用し、マクロ経済関数を考慮することの意義を明確にするため、一般的な動学的応用一般均衡モデルとの比較を行う。

2. 一般的な動学的応用一般均衡モデルの考え方

一般的な新古典派理論に基づく動学的応用一般均衡モデルでは、(1)式で表されるように、民間資本ストックは家計の貯蓄行動によって時系列的に蓄積されていくと考える。

$$\frac{dK}{dt} = s(wL + rK) - \delta K \quad (1)$$

ここで、 t は時間を表している。 s は家計の貯蓄性向、 δ は民間資本の減耗率である。貯蓄性向 s は、ある時点の平均貯蓄性向(=貯蓄/所得)、あるいはマクロ消費関数のパラメータ等から外生的に与えられる。

ところが、実際の経済においては、域外から(または域外へ)の資本移転が多く存在するため、資本蓄積は家計貯蓄と一致しない。したがって、前章で示したように、一般的な動学的応用一般均衡モデルによる諸変数の現況再現性、とりわけ民間設備投資(=家計貯蓄)の現況再現性は著しく低くなる。

なお、一般的な内生的経済成長モデルにおいては、民間資本ストックの蓄積に加え、生産性に影響を及ぼす人的資本ストックの蓄積が考慮されている。また、環境経済学の分野を中心に、(2)式のように将来までの効用の和を最大化し、最適経済成長経路を求める最適成長論に関する研究も比較的古くから行われている^{例えば3)4)}。

$$\max \int_0^{\infty} \exp(-\theta t) U(C') dt \quad (2)$$

ここで、 C' は各期の総消費量であり、 θ は割引率である。しかし、これらの研究は、主に理論的な研究にとどまっており、また割引率の設定によって最適成長経路が大きく変化するなど課題も多い。

*経済社会研究室

3. マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの開発

一般的な動学的応用一般均衡モデルで現況再現性が問題となるのは、特に生産要素(労働および資本)の時系列的な変化である。労働については、一般的な応用一般均衡モデルでは、労働供給は外生的に与えられる。すなわち、労働供給が内生的に変化するメカニズムが組み込まれていない。一方、資本蓄積については、民間設備投資は家計貯蓄で決定されると仮定されているため、現況再現性が低い。そこで、一般に現況説明力の高いマクロ経済関数を組み合わせ、現況再現性の高い動学的応用一般均衡モデルの開発を試みる。なお、マクロ経済関数は、マクロレベルの時系列データで構造推定を行うことを想定し、離散時間で表現する。

労働については、まず、生産水準に応じて大きく変化すると考えられる就業者数と変化が極めて小さいと考えられる1人あたり平均労働時間に分離する。

$$L_i = LHR_i \cdot NW_i \quad (3)$$

ここで、 i は産業の種類、 L は労働供給、 LHR は1人あたり平均労働時間、 NW は就業者数である。

就業者数は、前期の就業者数および生産量に依存すると考える。

$$N W_i^t = f(N W_i^{t-1}, X_i^{t-1}) \quad (4)$$

ここで、 t は期を表している。 X は生産量である。

民間設備投資については、前期の民間資本ストックおよび生産量で表されるものとする。これはストック調整原理および加速度原理を考慮したものである。(6)式は、民間資本ストックの定義式である。

$$I_i^t = f(K_i^{t-1}, X_i^{t-1}) \quad (5)$$

$$K_i^t = (1-\delta) K_i^{t-1} + I_i^t \quad (6)$$

ここで、 I は民間設備投資、 K は民間資本ストック、 δ は民間資本ストックの減耗率である。

マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの考え方(イメージ)を図-1に示す。マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルでは、初期のみ、就業者数、民間資本ストックを外生的にCGEモデルに与え、CGEモデルによって算出される実質総生産をマクロ経済関数にインプットすることにより、次期の就業者数および民間資本ストックが算出される。これらは、次期のCGEモデルにインプットされ、CGEモデルにより次期の実質総生産が算出される。この手順を繰り返すことにより、時系列の実質総生産、民間設備投資、就業者数等が求められ、同時に各期の帰着便益が算出される。

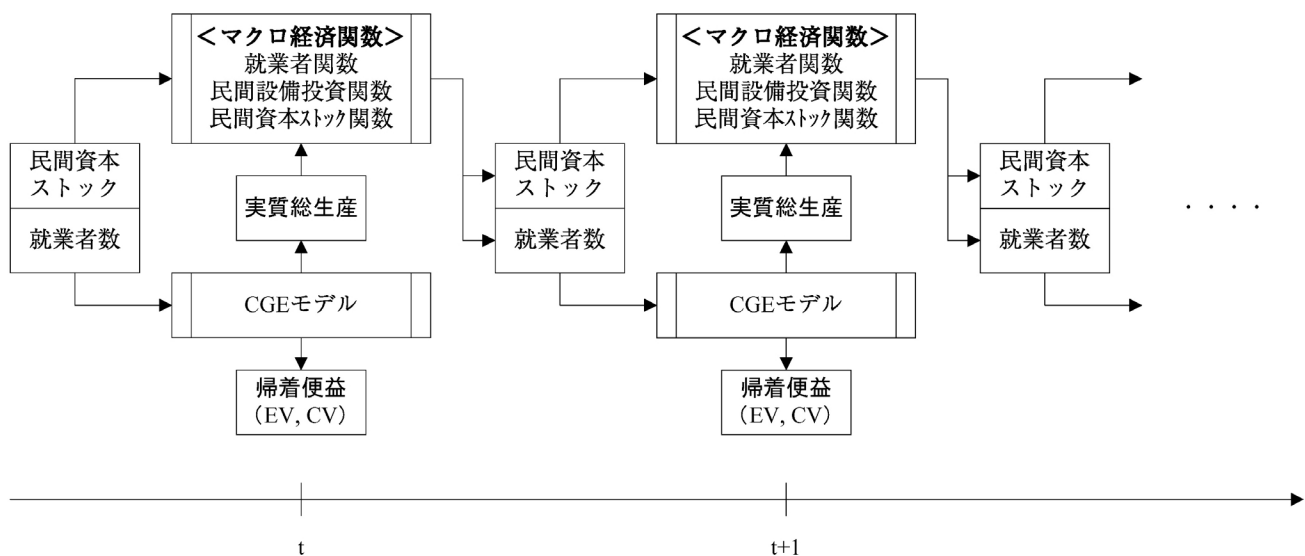


図-1 マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルの考え方

4. 実証分析

(1) 概要

ここでは、以上で示したマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルを国民経済レベルに適用した実証的なモデル構築を行い、交通施設整備プロジェクトの効果計測シミュレーションを行う。なお、実証分析では一般的な応用一般均衡モデルを併せて構築し、現況再現性およびシミュレーション比較を行うことにより、マクロ経済関数を考慮することの意義を明らかにしたい。

また、実証分析はマクロ経済関数を考慮することの意義を示すことに主眼を置くため、極力簡易なモデル体系、すなわち、経済主体として家計と企業のみを考え、産業区分を考慮せず全産業を対象とした1産業モデルとする。

(2) モデル

①家計の行動モデル

家計は、予算制約下で合成財消費によって満たされる効用の最大化行動をとるものとする。

$$V = \max \{ U = (C - a)^{\beta} \cdot S^{1-\beta} \} \quad (7)$$

$$\text{s.t. } p \cdot (C - a) + S = wL + rK \quad (8)$$

ただし、 V は間接効用関数、 U は直接効用関数で、 p は合成財価格、 C は合成財消費量、 S は貯蓄であり、 L は労働供給量（時間）、 K は資本供給量、 w は賃金率、 r は資本のレンタル価格を表す。

上記の最大化問題を解くと、家計の消費関数（合成財の需要関数）が導出される。

$$C = a + \frac{1}{p} \beta (wL + rK) \quad (9)$$

②企業の行動モデル

合成財の生産企業は、生産制約の下で利潤最大化行動をすると仮定し、以下のように定式化される。

$$\max \pi = pX - wL_D - rK_D \quad (10)$$

$$\text{s.t. } X = \gamma \cdot L_D^{1-\gamma} \cdot K_D^{\gamma} \quad (11)$$

ここで、 π は企業利潤、 X は合成財生産量、 L_D は労働投入量、 K_D は資本投入量である。また、 γ は分配パラメータ（資本分配率）、 η は生産効率性を表すパラメータ（効率パラメータ）である。

以上の最大化問題を解くと、労働需要関数、資本

需要関数とともに合成財価格が導かれる。

$$L_D = (1-\gamma) \cdot \frac{p}{w} X \quad (12)$$

$$K_D = \gamma \cdot \frac{p}{r} X \quad (13)$$

$$p = w \cdot \frac{1}{\eta} \left[\frac{(1-\gamma) \cdot r}{\gamma \cdot w} \right]^{\gamma} + r \cdot \frac{1}{\eta} \left[\frac{\gamma \cdot w}{(1-\gamma) \cdot r} \right]^{1-\gamma} \quad (14)$$

③均衡条件式

各期の各財市場、労働市場および資本市場において、次のような均衡条件が成立する。

$$X = C + I \quad (15)$$

$$L = L_D \quad (16)$$

$$K = K_D \quad (17)$$

ここで、 I は企業による設備投資である。

④マクロ経済関数

労働供給、資本ストックの時系列的な変化を表現するマクロ経済関数は、基本的に(3)～(6)式に従い、(18)～(21)式の通りとする。

$$L = LHR \cdot NW \quad (18)$$

$$NW^t = f(NW^{t-1}, X^{t-1}) \quad (19)$$

$$I^t = f(K^{t-1}, X^{t-1}) \quad (20)$$

$$K^t = (1-\delta)K^{t-1} + I^t \quad (21)$$

ここで、 L は労働供給、 LHR は1人あたり平均労働時間、 NW は就業者数、 X は生産量であり、 I は設備投資、 K は資本ストック、 δ は資本ストックの減耗率である。

なお、現況再現性の比較対象となる一般的な動学的応用一般均衡モデルにおいては、(19)式は考慮されず、就業者数は外生的に与えられる。また、設備投資は、(20)式に代わり、家計貯蓄で決定される。

(3) パラメータ

①家計の消費関数

国民所得統計における1981～2000年の時系列データ（1995年基準の実質値）を用い、最小二乗法（OLS）によりパラメータ推定を行う。

$$C = \alpha + \beta GDP + \xi DUM \quad (9)'$$

DUM ：ダミー変数（～1991：0、1992～：1）

α	β	ξ	D. W.	AD-R ²
63,241 (8.273)	0.6797 (35.199**)	20,272 (7.251**)	1.576	0.9963

注) () 内の数値は t 値。**は 1% 水準有意。

②企業の生産関数

分配パラメータ γ は、(12)式に実際のデータ（国民所得統計における雇用者所得および県民所得）を代入することにより、直ちに求められる。また、効率パラメータ η については、(11)式に実際の平均労働時間、就業者数および民間資本ストックのデータ（内閣府：民間企業資本ストック年報、総務省：労働力調査報告、厚生労働省：毎月勤労調査報告）および γ を代入することにより算出できる。

なお、実際のデータは、現況再現時には 1981 年値、シミュレーション時には 2000 年値を用いる。以下に、1981 年、2000 年の効率パラメータ η および分配パラメータ γ を示す。

$$GDP = \eta \cdot (LHR \cdot NW)^{1-\gamma} \cdot (K)^{\gamma} \quad (11)'$$

	η	γ
1981 年	0.08139	0.31691
2000 年	0.11547	0.26766

③マクロ経済関数

(19)～(21)式の各マクロ経済関数の関数型を特定化した上で、国民所得統計における 1981～2000 年の時系列データを用い、最小二乗法 (OLS) によりパラメータ推定を行う。以下に示す推定結果は、多くの関数型およびダミー変数で推定を試みた結果、各変数の t 値およびダービン・ワトソン比 D.W. が一定水準以上（基本的には、 t 値 ≥ 1.0 、 $1.0 < D.W. < 3.0$) を満たし、かつ自由度修正済み決定係数 $AD-R^2$ がもっとも高いものとして採用されたものである。なお、表中で、() 内の数値は各パラメータの t 値を表しており、 t 値に続く**は 1% 水準で有意、*は 10% 水準で有意であることを示している。

$$\ln NW^t = \alpha + \beta \ln NW^{t-1} + \gamma \ln GDP^{t-1} + \xi DUM \quad (19)'$$

DUM : ダミー変数 (～1996 : 0、～2000 : 1)

α	β	γ	ξ	D. W.	AD-R ²
3.2957 (5.352)	0.2927 (2.170*)	0.2223 (5.039**)	-0.0143 (-4.924**)	1.439	0.9942

$$I^t = \alpha + \beta K^{t-1} + \gamma GDP^{t-1} + \xi DUM \quad (20)'$$

DUM : ダミー変数 (1987～1991 : 1、その他 : 0)

α	β	γ	ξ	D. W.	AD-R ²
-42,643 (-2.526)	-0.0371 (-1.374*)	0.3135 (3.790**)	12,671 (4.632**)	1.364	0.9336

$$K^t - I^t = \delta' K^{t-1} \quad (21)'$$

δ'	D. W.	AD-R ²
0.9537 (523.4**)	2.363	0.9993

図-2～3に、マクロ経済関数による就業者数、民間設備投資の現況再現性、平均絶対誤差率 (MAPE : Mean Absolute Percentage Error) を示す。

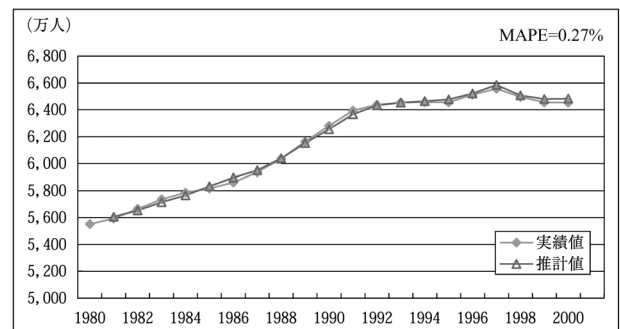


図-2 マクロ経済関数の現況再現性 (就業者数)

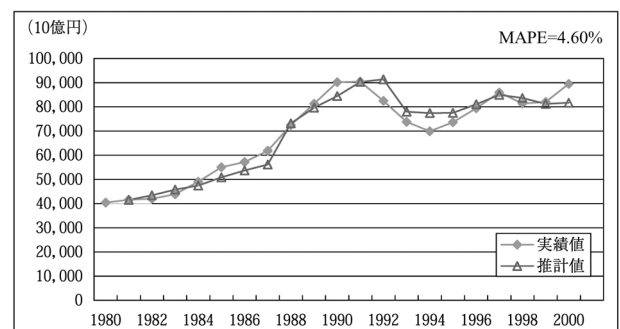


図-3 マクロ経済関数の現況再現性 (設備投資)

(4) 現況再現

1981 年の実績データにより算出した生産関数のパラメータを用い、マクロ経済関数を考慮した動的応用一般均衡モデルと一般的な応用一般均衡モデルによる就業者数および民間設備投資の現況再現性の比較 (1981～2000 年) を以下に示す。ここで、一般的な応用一般均衡モデルにおける就業者数は、1981 年値を各年の外生変数として用いている。

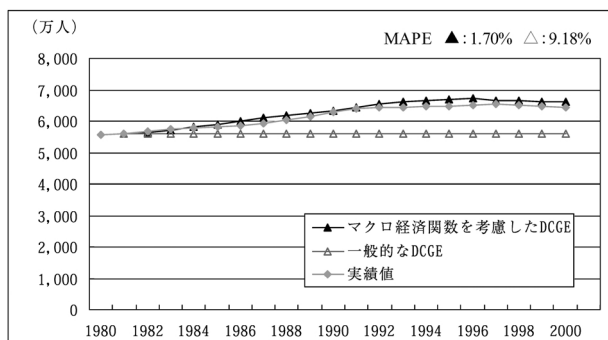


図-4 就業者数の現況再現性の比較

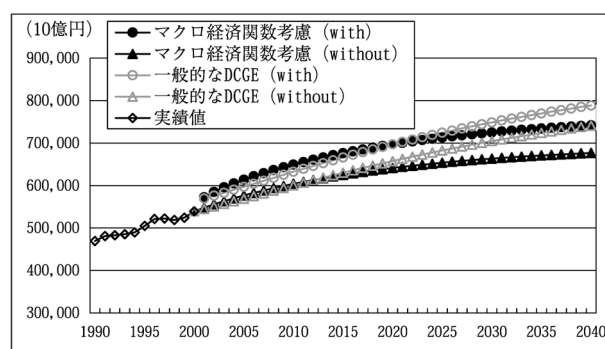


図-6 シミュレーション結果（国内総生産）

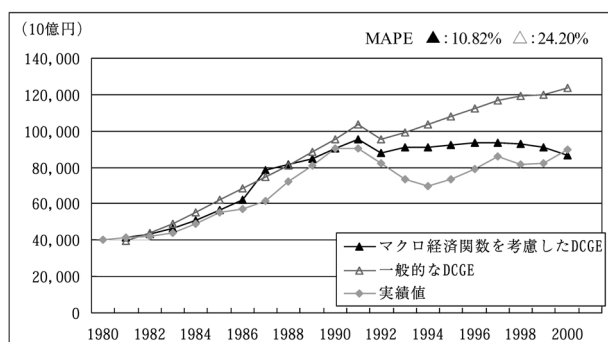


図-5 民間設備投資の現況再現性の比較

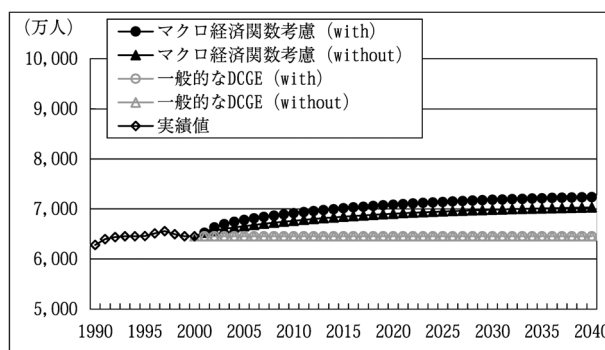


図-7 シミュレーション結果（就業者数）

図-4～5より、マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルによる就業者数および民間設備投資の現況再現性は、一般的な応用一般均衡モデルによる再現性と比べてかなり高いことが分かる。

(5) シミュレーション

ここでは、交通施設整備プロジェクトにより2001年に交通近接性が5%向上（効率パラメータ η が4.5%向上⁵⁾）すると仮定し、2001～2040年の40年間におけるプロジェクトありのケースとなしのケースにおける経済諸変数を比較するシミュレーションを行い、同プロジェクトによる帰着便益（EV）の計測を行う。

生産関数のパラメータ（分配パラメータおよびプロジェクトなしのケースの効率パラメータ）は、最新の2000年の実績データから算出したものを用いる。

図-6～8に、プロジェクトありの状況（with）およびなしの状況（without）における実質国内総生産、就業者数のシミュレーション結果および帰着便益（EV、割引前）の計測結果を示す。

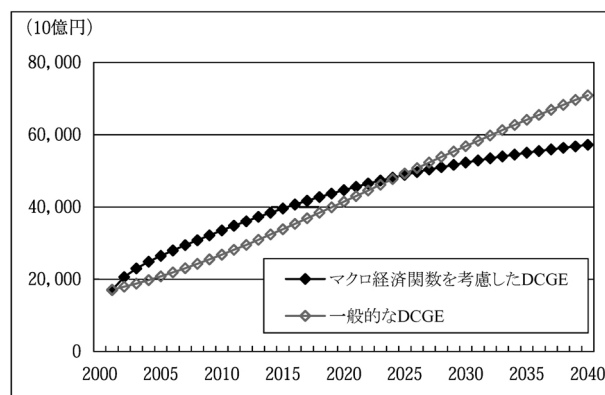


図-8 シミュレーション結果（帰着便益）

マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルおよび一般的な動学的応用一般均衡モデルによる各年次の帰着便益を比較すると、2024年まではマクロ経済関数を考慮したモデルによる計測結果が一般的なモデルによる計測結果を上回っており、2025年以降は逆転している。このため、割引率を4%とした場合の40年間の帰着便益の割引現在価値を計算すると、マクロ経済関数を考慮した場合は約789兆円、一般的なモデルの場合は約739兆円となる。

両モデルによる計測結果の違いは、明らかに、マクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルが就業者数および資本ストックの時系列的な変化を反映していることによるものであろう。すなわち、これまで行われてきた一般的な動学的応用一般均衡モデルによる交通施設整備の便益計測の結果は過小になっている可能性が示唆される。また、通常、非動学的な応用一般均衡モデルによるプロジェクト評価の場合、初期時点の便益がプロジェクト期間にわたって各年次で等しいと仮定されるため、さらに過小評価になっていると考えられる。

5. おわりに

本研究では、従来の一般的な動学的応用一般均衡モデルの現況説明力が低いという短所に対処するため、就業者数の変化および独立投資による民間資本ストックの蓄積を表現するマクロ経済関数を組み合わせた動学的応用一般均衡モデルの開発を行った。

国民経済レベルの実証分析では、一般的な動学的応用一般均衡モデルとの現況再現性およびシミュレーションの比較を行った。その結果、開発したマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルでは、従来の一般的なモデルと比較して、就業者数や民間設備投資等において明らかに高い現況説明力を有すること、交通施設整備による帰着便益の計測結果が大きくなることが示された。これは、従来の応用一般均衡モデルや一般的な動学的応用一般均衡モデルによって計測される帰着便益が過小に評価されている可能性が高いことを示唆している。

なお、本研究の実証分析は、従来モデルとの比較によってマクロ経済関数を考慮することの意義を示すことに主眼があったため、産業部門や家計の時間制約等を考慮しない簡易な1産業を採用した。しかしながら、当然、産業部門や家計の時間制約等を考慮したモデルにおいても、マクロ経済関数との組み

合わせにより、現況再現性は向上すると考えられる。

あらゆる交通関連モデル（需要予測モデル、経済評価モデル等）において、その信頼性や合意可能性の意味で現況再現性が最重要視されている中、ミクロ経済学的基础に基づき、かつ現況説明力の高いマクロ経済関数を考慮した動学的応用一般均衡モデルは、今後の交通施設整備プロジェクト評価において、非常に有用であると考えられる。

謝辞

本研究は、平成12～14年度にかけて行われたIBS自主研究「ミクロ的基础を踏まえたシミュレーションモデルに関する研究」の成果の一部をとりまとめたものであり、研究会での活発な議論を反映している。東京工業大学上田孝行助教授（座長）、鳥取大学小池淳司助教授、大阪工業大学武藤慎一講師、（財）計量計画研究所毛利雄一研究部次長をはじめとするメンバー諸氏に感謝したい。

参考文献

- 1) 小林 潔, 奥村 誠: 高速交通体系が都市システムの発展に及ぼす影響に関する研究, 土木計画学研究・論文集, No.13, pp.57-66, 1996
- 2) 武藤慎一: 動学的応用一般均衡モデルによる外部不経済削減政策の経済評価, 平成12・13年度科学研究費補助金(奨励研究(A))研究成果報告書, 課題番号: 12750476, 2002
- 3) Dasgupta, P. and G. M. Heal: The Optimal Depletion of Exhaustible Resources, Review of Economic Studies, pp. 3-28, 1974
- 4) Michel, P. and G. Rotillon: Disutility of Pollution and Endogenous Growth, Environmental and Resource Economics, Vol. 6, pp. 279-300, 1995
- 5) (財)計量計画研究所: ミクロ的基础を踏まえたシミュレーションモデルに関する研究, 2003
- 6) 内閣府経済社会総合研究所: 「国民経済計算年報 平成14年版」, 2002