

## ADD指標による社会資本整備の社会厚生評価

### *The Accuracy of the Measurement of Waste in Public Goods by Allais-Debreu-Diewert Measure*

林山 泰久\*・波多野 正史\*\*

Yasuhisa HAYASHIYAMA and Masashi HATANO

#### 1. はじめに

生活の真の豊かさの実現が叫ばれている昨今の我が国は、情報通信網に代表される新社会資本の整備および整備新幹線のフル規格への変更等、ソフトおよびハードな社会資本整備が急務である。しかし、このような社会資本の資源配分については、政策判断の基準になる社会厚生指標の存在が不可欠になるものの、そのような指標が有効、かつ、簡便な方法論で提示されているとはいえない。

一方、財政学の分野では租税の厚生費用の測定に関する分野より発展したAllais-Debreu-Diewert指標(以下、ADD指標)は、理論的に優れているとの主張がある(Allais(1977), Debreu(1951)(1954), Diewert(1983) (1985a))。ここで、ADD指標とは、『社会資本の価格設定、或いは、供給水準が最適解から乖離しているとき、現在の資源、生産技術および消費者の効用を維持するという条件の下で最適化された場合に、追加的に生産可能な財の量(ニュメレール)を貨幣タームで表現した指標』として定義される。さらに、ADD指標を算出する際には厳密な均衡計算を行う必要があるものの、ADD指標の第二次近似値(以下、ADD近似値)は、現在の市場から観察し得る局所情報のみで計測が可能であるという長所を有する。しかし、この分野の研究は理論研究に留まっており、ADD近似値の計測精度およびその実証的有用性については明らかにされていない。

そこで、本研究では簡便な指標であるADD近似値の有効範囲とその限界を定量的に明らかにすることを目的とする。そのため、まず、第1に、二地域一般均衡モデルを構築し、既存の理論研究においても触れられていなかった人口移動を考慮した場合のADD指標およびADD近似値の導出を行う。また、第2に、実証分析として、我が国の交通関連資本整備がもたらした厚生

損失を計測し、ADD指標およびADD近似値の計測精度を示す。

#### 2. 既存研究の問題点と本研究の考え方

社会厚生指標は社会厚生関数の設定に関する研究から発展し、現在では、以下の4指標に大別できよう。

①指数基準(Index Number Criterion, 以下, INC)

②消費者余剰(Consumer Surplus, 以下, CS)

③等価的偏差(Equivalent Variation, 以下, EV),

補償的偏差(Compensating Variation, 以下, CV)

④ADD指標およびADD近似値

まず、①のINCは部分均衡論的枠組みであり、一般均衡論的には一定の前提下での近似指標の範囲を逸脱しておらず、②のCSは簡便な手法であるものの、消費者の効用関数が全ての財に対して準線形でなければ社会厚生指標になり得ないとの指摘および経路依存性の問題を有している。

また、③のEVおよびCVは厚生経済学で発展した指標であり、かつ、多分野で数多く用いられているものの、厳密には、応用一般均衡分析等により計算された均衡解を用いて計測する必要があるため、作業量が膨大であり、簡便性に欠けるという問題点を有している。

それに対して、④のADD指標は、③と同様に、その値を得るためには厳密な計算を必要とするものの、Hicks-kaldorの補償原理に整合的な指標であるとの指摘がある(Diewert(1985a))。さらに、ADD近似値はADD指標の第二次近似値であり、現在の市場で観察される財の需給関係のみの情報、すなわち、局所情報のみにより社会厚生指標を表現し得るというものである。

これらの点を踏まえ、本研究ではADD指標とADD近似値とEVを比較することによりその実証的計測精度を定量的に把握することを目的とする。

#### 3. 一般均衡理論に依拠した理論モデルの構築

##### (1) 二地域一般均衡モデルの構築

キーワード：公共事業評価法、整備効果計測法

※ 正会員 工博 東京工業大学助手 工学部社会工学科

※※ 学生会員 東京工業大学大学院 理工学研究科社会工学専攻

(〒152 目黒区大岡山2-12-1 Tel.03-5734-3185, Fax.03-5734-2926)

本研究では交通関連資本の投資政策の厚生損失を計測するに際し、その投資額が莫大であることから資本市場以外に大きな影響を与えることを勘案し、人口移動を考慮し得る二地域一般均衡モデルを構築した(例えば、林山(1993))。

本研究で構築したモデルは、政府が道路、鉄道および航空といった交通関連資本を供給し、世帯および私企業がそのサービスを受用する構造を有している。また、交通関連資本はその価格(料金)設定と資本供給水準の両面が最適状態から乖離しているものと想定する。したがって、本研究で計測を試みる社会資本整備の厚生損失とは、「最適状態と比較した場合、現状の交通関連資本の料金設定および資本供給水準であることによる経済効率性の損失」と定義することができる。

### (2) ADD指標による厚生損失の定式化

社会資本整備がもたらす厚生損失を定式化する際、Bhagwati, Brecher and Hatta(1983)による超過支出関数(Overspending Function)の概念を導入する。これは、二地域一般均衡モデルにおける各行動主体の総収入と総支出の差であり、最適状況(市場均衡)においては0(ゼロ)となるが、歪みの生じている均衡(現状)においては差が生じるという概念である。ここで、 $i$ 地域の超過支出関数を $B_i$ とすると、超過支出関数は(1)式となる。

なお、本研究における記号法については補注を参照されたい。

$$B_i = m_i n_i e_i(p_i, r_i, p^H_i, K_i, V_i) + m_i C^F_i(w_i, r_i, p^F_i, K_i, X_i) + C^G_i(Z^H_i, Z^F_i, K_i) + K_i - (m_i n_i (w_i + y) + m_i p_i X_i + p^H_i m_i n_i Z^H_i + p^F_i m_i Z^F_i) \quad (1)$$

次にADD指標による厚生損失の真値を求める式を導出する。まず、ADD指標の定義にある「追加的に生産可能な財の最大量」を求めることは厚生損失量を求めることに等しく、 $i$ 地域におけるこの損失量を $R_i$ 、また、その最大値を定義に従い、ADDとすると、歪みの生じる均衡において以下のように定式化することができる。

$$ADD \equiv \max_{R_i, X_i, X_i, Z^H_i, Z^F_i, Z^H_i, Z^F_i, K_i, l^H_i, l^F_i, n_i} R_i \quad (2)$$

$$s.t. \quad \alpha_1 R_i + m_i n_i X_i + C^G_i(Z^H_i, Z^F_i, K_i) + K_i \leq m_i X_i \quad (3)$$

$$\alpha_2 R_i + m_i n_i Z^H_i \leq Z^H_i \quad (4)$$

$$\alpha_3 R_i + m_i Z^F_i \leq Z^F_i \quad (5)$$

$$U_i(x_i, l^H_i, Z^H_i, K_i) \geq U_0 \quad (6)$$

$$X_i = X_i(n_i, l^F_i, Z^F_i, K_i) \quad (7)$$

ここで、 $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ はそれぞれ合成財、世帯が利用

する公共財の追加的需要量、私企業が利用する公共財の追加的需要量を表すパラメータであるが、ADD指標の定義上、合成財(ニューメーラル)で損失量を評価するために $\alpha_1=1, \alpha_2=0, \alpha_3=0$ という前提を設定する。

また、公共財供給レベル $Z^H_i, Z^F_i, K_i$ の値が与えられたとき(2)式は凹計画問題であり、鞍点定理およびその双対定理を用いて書き直し(Uzawa(1958), Karlin(1959)), スーパースクリプト\*が上記の最適化問題の解を表すとすると、(2)式~(7)式で表される最適化問題は最終的に(8)式のように表現される。

$$ADD = \max_{K_i, Z^H_i, Z^F_i} [R_i^*(1 - \alpha_1 p_i^* - \alpha_2 p^H_i^* - \alpha_3 p^F_i^*) - B_i(U_0, p_i^*, p^H_i^*, p^F_i^*, Z^H_i^*, Z^F_i^*, K_i^*)] \quad (8)$$

しかし、以上の展開により得られるADD指標は、公共財供給の事前事後の均衡解が必要となり、一般均衡理論に代表される均衡計算が必要となる。したがって、ADD指標を算出することは、EVおよびCVを算出する作業と同等変わりがないことを意味している。

そこで、本研究ではADD指標に関する先行研究であるTsuneki(1987)の理論展開に従って、ADD指標の第二近似値を計測することを試みる。

### (3) ADD近似値による厚生損失の定式化

本研究においては公共財による厚生損失は公共財の利用価格と投資水準決定に起因するとしている。すなわち、最適均衡状態では(9)式~(13)式が成立する。

$$p^H_i = \frac{\partial C^G_i(Z^H_i, Z^F_i, K_i)}{\partial Z^H_i} \quad (9)$$

$$p^F_i = \frac{\partial C^G_i(Z^H_i, Z^F_i, K_i)}{\partial Z^F_i} \quad (10)$$

$$-1 = \frac{\partial C^G_i(Z^H_i, Z^F_i, K_i)}{\partial K_i} \quad (11)$$

$$Z^H_i = m_i n_i \frac{\partial e_i(p_i, r_i, p^H_i, K_i, V_i)}{\partial p^H_i} \quad (12)$$

$$Z^F_i = m_i \frac{\partial C^F_i(w_i, r_i, p^F_i, K_i, X_i)}{\partial p^F_i} \quad (13)$$

ここで、(9)式および(10)式は世帯および私企業が支払う交通サービスの料金は限界費用である、すなわち、パレート効率の資源配分を実現させることを意味している。また、(11)式は交通関連資本ストックの限界費用が可変平均費用の限界的削減効果と等しくなること

を意味している。また、(12)式および(13)式は公共財市場に需給のバランスが存在することを示す。

一方、上記した公共財の利用価格および投資水準の決定からの歪みをa, b, cというパラメータおよび最適均衡状態から現実の状態への移行過程を示すパラメータ $t(0 \leq t \leq 1)$ で表現すると、現実の均衡は、(14)式～(18)式と表記できる。すなわち、 $t=0$ のとき最適均衡解、 $t=1$ のとき現実解に一致することを意味する。

$$p^H_i(t) = \frac{\partial C^G_i(Z^H_i(t), Z^F_i(t), K_i(t))}{\partial z^H_i(t)} + at \quad (14)$$

$$p^F_i(t) = \frac{\partial C^G_i(Z^H_i(t), Z^F_i(t), K_i(t))}{\partial z^F_i(t)} + bt \quad (15)$$

$$1+ct = - \frac{\partial C^G_i(Z^H_i(t), Z^F_i(t), K_i(t))}{\partial K_i(t)} \quad (16)$$

$$Z^H_i(t) = m_i n_i \frac{\partial e_i(p_i(t), r_i(t), p^H_i(t), K_i(t), V_i(t))}{\partial p^H_i(t)} \quad (17)$$

$$Z^F_i(t) = m_i \frac{\partial C^F_i(w_i(t), r_i(t), p^F_i(t), K_i(t), X_i(t))}{\partial p^F_i(t)} \quad (18)$$

さらに、超過支出関数(1)式も $t$ に依存するとすると、(19)式は式のように表現することができる。

$$\begin{aligned} B_i(t) = & m_i n_i c_i(p_i(t), r_i(t), p^H_i(t), K_i(t), V_i(t)) \\ & + m_i C^F_i(w_i(t), r_i(t), p^F_i(t), K_i(t), X_i(t)) \\ & + C^G_i(Z^H_i(t), Z^F_i(t), K_i(t)) + K_i(t) \\ & - [m_i n_i (w_i(t) + y(t)) + m_i p_i(t) X_i(t) \\ & + p^H_i(t) Z^H_i(t) + p^F_i(t) Z^F_i(t)] \end{aligned} \quad (19)$$

これを $t$ で微分して、(14)式～(18)式を代入し、 $B_i(t)$ を $t=0$ の周りでテーラー展開(Taylor Series)により第二次近似すると、(20)式となる。

$$\begin{aligned} B_i(0) - B_i(1) \\ \approx B_i(0) - B_i(0) + \frac{\partial B_i(0)}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 B_i(0)}{\partial t^2} \\ = - \frac{1}{2} \left( a \frac{\partial Z^H_i(0)}{\partial t} + b \frac{\partial Z^F_i(0)}{\partial t} + c \frac{\partial K_i(0)}{\partial t} \right) \end{aligned} \quad (20)$$

また、Diewert(1976)(1985b)の第二次近似の補題を用いると、厚生損失の第二次近似値であるADD近似値(ADD<sub>AV</sub>: ADD Approximate Value)は(21)式となる。

$$ADD_{AV} = \sum_i \frac{1}{2} \left( a \frac{\partial Z^H_i(1)}{\partial t} + b \frac{\partial Z^F_i(1)}{\partial t} + c \frac{\partial K_i(1)}{\partial t} \right) \quad (21)$$

これにより、現状の市場均衡解における局所情報( $t=1$ )のみにより厚生損失を求めることができる。

#### 4. 構造推定および数値解析のための諸設定

##### (1) 実証分析の対象と前提条件

本研究では、交通関連社会資本(鉄道、道路、航空)の価格(利用料金)およびその供給水準の最適解からの乖離度を定量的に把握することを試みる。なお、本研究における地域分割は、全国を北海道と他の都府県とした。また、実証分析においては、交通関連社会資本の供給は両地域に跨る中央政府であるとし、世帯の効用関数も両地域同一のものとして特定化した。さらに、本研究では社会資本整備による人口移動を考慮した二地域一般均衡モデルを構築していることから、地域間の人口移動に影響を及ぼす要因として当該地域企業の技術的生産関数に差があるものと想定した。なお、本研究における構造推定には1985年価格値にデフレートした1974年～1991年までの時系列データを用いた。

##### (2) 各種関数の構造推定結果

上述した前提条件より、本研究では効用関数(CES型関数, 1本)、生産関数(CES型関数, 2本)および交通関連資本供給のための費用関数(対数線型, 1本)の計4本の各種関数を構造推定した。

ここでは、紙面の都合により、ADD近似値の計測精度に直接的に影響を及ぼす費用関数(交通機関の費用関数)の構造推定結果のみを示す。なお、交通関連資本供給のための費用関数の構造式は(22)式であり、その構造推定結果を表-1に示す。

$$\ln C^G = \nu + \phi \ln(K/N) + \chi \ln(\sum_i Z^H_i + \phi \sum_i Z^F_i) \quad (22)$$

表-1 費用関数の構造推定結果

Parameters	Estimates	(t-Stat.)
1. $\nu$	21.245	(2.73)
2. $\phi$	0.504	(1.89)
3. $\chi$	0.040	(1.71)
4. $\phi$	7.506	(9.11)
Adj-R <sup>2</sup>	0.724	
D.W.-Ratio	1.657	
N. of Sample	18	

#### 5. ADD指標およびADD近似値の算出

ここでは、前節において特定化された関数を用い、現状および最適化後の市場均衡解を算出することにより、ADD指標および比較値であるEVを算出する。また、ADD近似値の算出のためには局所的情報のみで、可能

であることに注意されたい。

図-1には各社会厚生指標により算出された値を示す。図-1をみると、ADD近似値による交通関連資本供給水準および料金制度の有する最適均衡状態からの厚生損失は、1991年単年度単年値でみると約24.9兆円と計測された。この値はEVに対して14.73%の過小評価、ADD指標に対して21.0%の過小評価傾向を示している。これらの社会厚生指標間の計測誤差率をみると、計測過程の簡便性を有するという利点を加味した場合、ADD近似値は有効な社会厚生指標であるといえる。

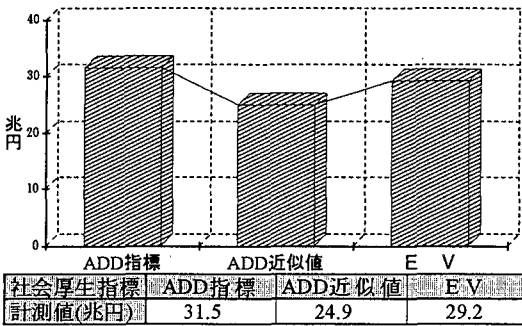


図-1 社会厚生指標の計測結果(1991年単年値)

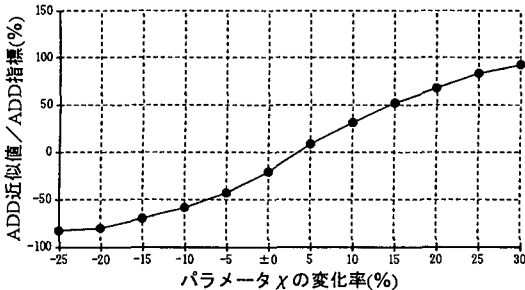


図-2 感度分析によるADD近似値の計測精度

## 6. 感度分析によるADD近似値の実証的有效範囲

次に、本研究ではADD近似値の実証的有效範囲を定量的に把握するために、費用関数((22)式)におけるパラメータ(最適価格を規定するパラメータ)である $\chi$ を変化させた場合のADD指標とADD近似値の乖離度に関する感度分析を実行した。その結果を図-2に示す。

図-2をみると $\chi$ を $\pm 30\%$ 変動させた場合においても、その乖離度は $\pm 100\%$ 程度以内であることが分かる。このことはADD近似値は社会資本サービス供給のための費用関数のみを高い精度で推定することが可能であれば、ADD近似値は、簡便、かつ、有用な社会厚生指

標になり得ることを意味しているといえよう。

## 7. おわりに

以下に、本研究で得られた知見を示す。

- ① 二地域一般均衡モデルを構築し、交通関連資本整備に関する実証分析を行うことにより、ADD指標およびADD近似値を定量的に計測した。
- ② 交通資本サービス供給のための費用関数のパラメータに関する感度分析を行うことにより、ADD近似値の有効範囲を定量的に明らかにし、ADD近似値は社会厚生指標として有用性が高いことを示した。

なお、本研究は平成7年度科学研究費補助金(課題番号07780387)の交付を受けたことを記し、謝意を表す。

### 補注：本研究における記号法について

$X_i$ :合成財生産量,  $x_i$ :合成財消費量,  $Z_i$ :交通サービス給需要量(なお、小文字は世帯および企業当たり需要量),  $p_i$ :交通サービス料金,  $K_i$ :交通資本ストック,  $w_i$ :賃金,  $y_i$ :資産所得,  $r_i$ :地代,  $m_i$ :企業数,  $n_i$ :一企業当たりの雇用者数,  $N_i$ :給世帯数,  $e_i(\cdot)$ :世帯の支出関数,  $V(\cdot)$ :世帯の間接効用関数,  $C(\cdot)$ :費用関数, スーパースクリフトHは世帯を, Fは企業, Gは政府を示す。なお,  $i$ は地域( $i=1,2$ )を示す。

### 参考文献

- Allais,M.(1977): Theories of General Economics Equilibrium and Maximum Efficiency, in Schwodiauer,E. ed., Equilibrium and Disequilibrium in Economic Theory, Dordrecht, pp.129-201.
- Bhagwati,J.N., Brecher,R.A. and Hatta,T.(1983): The Generalized Theory of Transfer and Welfare: Bilateral Transfers in a Multilateral World, American Economic Review, Vol.73, pp.606-618.
- Debreu,G.(1951): The Coefficient of Resource Utilization, Econometrica, Vol.19, pp.273-291.
- Debreu,G.(1954): A Classical Tax-Subsidy Problem, Econometrica, Vol.22, pp.14-22.
- Diewert,W.E.(1976): Exact and Superlative Index Numbers, Journal of Econometrics, Vol.4, pp.115-145.
- Diewert,W.E.(1983): The Measurement of Waste within the Production Sector of an Open Economy, Scandinavian Journal of Economics, Vol.85, pp.159-179.
- Diewert,W.E.(1985a): The Measurement of Waste and Welfare in Applied General Equilibrium Model, Pigott,J. and Whalley,J. eds., New Developments in Applied General Equilibrium Analysis, Cambridge University Press, pp.42-103.
- Diewert,W.E.(1985b): A Dynamic Approach to Measurement of Waste in an Open Economy, Journal of International Economics, Vol.19, pp.213-240.
- 林山泰久(1993):広域的社会資本整備の便益計測と開発利益還元に関する研究,東京工業大学博士論文,pp.1-378.
- Karlin,S.(1959): Mathematical Methods and Theory in Games, Programming and Economics, Vol.1, Addison-Wesley.
- Tsuneki,A.(1987): The Measurement of Waste in a Public Goods Economy, Journal of Public Economics, Vol.33, pp.73-94.
- Uzawa,H.(1958): The Kuhn-Tucker Theorem in Concave Programming, in Arrow,K.J., Hurwicz,L.H. and Uzawa,H. eds., Studies in Linear and Nonlinear Programming, Stanford University Press, pp.32-37.