土木学会論文集 No. 555／IV-34, 71-81, 1997.1

ＡＤＤ指標による交通関連社会資本整備の厚生損失の計測精度

林山　泰久[1]・波多野　正史[2]

[1]正 会 員　工博　東京工業大学助手　大学院社会理工学研究科（〒152 東京都目黒区大岡山2-12-1）
[2]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（　　同　上　　）

昨今の公共投資においては，資源配分の政策判断基準となり得る有効かつ簡便な指標の提示が求められている．一方，財政学に端を発するADD指標は理論的に優れ，その近似値は複雑な均衡計算を回避し得る簡便さを有する．しかし，ADD近似値の計測精度およびその実証的有効性は完全に明らかではない．

本研究では，まず，第１に，二地域一般均衡モデルを構築し，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．第２に，実証分析として，我が国の交通関連社会資本に関する投資政策の社会厚生損失をADD指標およびADD近似値を用いて計測する．さらに，第３に，パラメータの感度分析を行うことにより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．

Key Words : *Allais-Debreu-Diewert measure, welfare loss, infrastructure*

１．はじめに

生活大国の実現が叫ばれている昨今の我が国の公共投資は，情報通信網に代表される新社会資本の投資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，すなわち，財政収入制約下での効率的な公共投資の配分問題が重要視されていると言えよう．

新社会資本に限らず社会資本は，少なからず，「公共性」という性質を有しており，これに対してSamuelson[1]およびBuchanan[2]的な経済的解釈を与えるとするならば「公共財(Public Goods)」と同義として定義することができる．これら公共財は，一般的に，非排除性(Non-Excludability)および非競合性(Non-Rivalness)という性質を有しているために，民間による公共財供給の可能性は著しく制約され，市場の失敗に伴って非効率な供給水準にあるといえよう．一方，社会資本の投資政策においても単純に収益性の観点のみならず，社会資本サービスの社会的影響を考慮した上で投資政策が決定されている．したがって，投資政策の意思決定時には，社会資本の資源配分に関してどのような料金および投資政策が望ましいかを示す政策判断の基準となる指標の存在が不可欠となる．しかし，現実にはこのような経済効率性指標が有効かつ簡便な方法論で提示されていないのが現実であると言えよう．

これに対し，財政学における既存研究では租税の厚生費用の測定より発展したAllais-Debreu-Diewert指標(「社会資本が追加供給された場合に，消費者の効用を一定に保つという条件の下で，現在の資源と技術を用いて追加的にどれだけの財が生産可能であるかを貨幣タームで表現した指標」，以下，ADD指標と略す)は，経済的効率性の改変を判断する基準であるHicks-Kaldor基準とも整合し，公共投資の失敗あるいは外部不経済による損失の計算に適用可能であるとされている[3]．また，その第二次近似値(以下，ADD近似値と略す)は比較的容易に算出可能であり，現在の均衡解から最適な状態への均衡解への移行過程が二次関数であるならば，ADD近似値は真値を示すことが証明されている(例えば，Debreu[4),5)]，Diewert[6),7)])．しかし，これらの既存研究は理論分析の枠に留まっており，その発展であるTsuneki[8),9)]においてもADD近似値の有効範囲とその限界および十分な実証的研究による有用性は議論されていない．さらに，既存研究においては，全国一地域モデルというフレームで議論が展開されてきたのに対して[10),11)]，本研究では二地域一般均衡モデルを用いることにより，人口移動を考慮し

た地方公共財の投資政策に拡張することが可能となり，これからの情報通信網などの新社会資本，また新幹線や高速道路などの広域的な社会資本の投資政策に適用できる可能性をもっている．

そこで，本研究では経済理論と整合的であり，かつ，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に関する投資政策の社会厚生損失をADD指標およびADD近似値を用いて計測する．さらに，第3に，感度分析を行うことにより，ADD近似値の計測精度を明らかにし，その有効範囲とその限界を定量的に示す．

2．既存研究における知見とその問題点

社会厚生上の政策の評価を行うためには，社会厚生のための指標を定める必要性が生ずる．このため，一般的には社会的厚生関数(Social Welfare Function)を用いることが多いものの，社会的厚生関数の妥当な形状を決めることは，理論的にも実証的にも極めて難しい問題である．従って，過去では，社会的厚生関数の概念に依存しない社会厚生指標に関する研究蓄積が多く見られる．

一般的に，市場の失敗に伴う経済効率性を示す指標は，以下の4指標に大別することができる．ここでは，その4指標を比較検討することにより，本研究で使用するADD指標の位置づけを明確にする．

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

②消費者余剰(Consumer Surplus)

③等価的偏差(Equivalent Variation，以下，EVと略す)および補償的偏差(Compensating Variation，以下，CVと略す)

④ADD指標およびADD指標の近似値

まず，①のINCは総消費量の変化を価格変化前後の何れかで実現した価格体系で評価することによって社会厚生を評価するというものである．しかし，この指標は市場で観察可能な価格データに基づくという意味で，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ない[12]．

次に，②の消費者余剰は，通常，Marshallの消費者余剰と言われている．これは価格の変化分にあわせて消費者の需要関数の左側の部分の面積を計算するものである．ただし，この概念は消費者の効用関数がすべての財に対して，準線形の形になっていない場合には正確な社会厚生の指標になり得ないことが指摘されており[13]，消費者余剰の経路依存性(Path Dependence)の問題が残されている．

一方，③は，Hicksにより余剰概念は，補償需要関数に基づいて行われるべきであるとの主張により，経路依存性の問題の発生を回避し発展したものである．HicksはEVおよびCVを含めて補償的余剰(Compensating Surplus，以下，CS)および等価的余剰(Equivalent Surplus，以下，ES)の4つの概念を提案している．しかし，後者2つの余剰は，CSは「変化後における消費者の購入数量を制約する場合の，価格変化前の効用水準を達成するために調整されるべき補償所得額」であり，ESは「変化前における消費者の購入数量を制約する場合の，価格変化後の効用水準を達成するために調整されるべき補償所得額」と定義されることから，購入数量規制の持つ経済学的意味が不明であるといえる[14]．

CS，ESに対し，EVは「財の価格変化後の効用水準を達成するために旧価格下で調整されるべき所得補償額」であり，CVは「財の価格変化前の効用水準を達成するために新しい価格で調整されるべき所得補償額」と定義される．これらの値を算出するためには，政策パラメータの変化の前後における諸財の価格・数量などの情報が既知であり，かつ，需要関数および供給関数の形状が与えられているという条件が必要である．しかし，一般的には，政策の事前情報では政策後の諸変数の値は未知であるため，Applied General Equilibrium Analysis等の複雑な均衡計算を行う必要性が生じるという問題点を有する．

これに対して，森杉[15]およびKanemoto and Mera[16]は，この複雑な均衡計算を回避させる手法として，一般均衡論的に消費者余剰概念を拡張し，消費者余剰を計測することで，一般均衡論的波及効果を計測し得る手法を提案している．

また，Morisugi[17]および森杉[18]は，EVは効用関数の単調変換であること等により，EVはCVよりも理論的に優れているとの結論を示している．実際，厚生経済学に関する分野においてはEVが幅広く用いられている．本研究ではこのことを考慮して，ADD指標およびADD近似値の計測精度の比較対象としてEVを採用することとする．

④は，Allais[3]の余剰概念から発展し，不完全競争による価格の歪みや公共投資の失敗あるいは外部不経済による損失の計算に適用されている[10]．また，この指標はHicks-Kaldorの補償原理とも整合的であることから経済理論に適合していると言えよう．このADD指標と同様に，Compensated Equilibriumの

概念を用いた森杉[20]による弱等価的偏差(Weak Equivalent Variation, 以下, WEV)を挙げることができる. WEVとは「社会を構成する全ての個人の効用レベルを変化後の値に保つという条件のもとに, その変化を諦めるために社会が必要とする最小補償額」と定義されている. また, 森杉は一般均衡論的枠組みの中でWEVを簡便に計測する手法を示している.

さらに, ADD近似値は均衡点での価格・数量を実際的に観察できる均衡の局所情報のみで算出可能であるという利点を持っていると同時に, EV, CVおよびADD指標の導出に不可欠である均衡計算を必要とせず, 比較的容易に算出可能であるという長所を有している.

なお, ADD指標とはその定義より, 現在のプロジェクトと望ましい(理論的に最適)プロジェクトの在り方を比較評価するものであり, ①～③のような実際のプロジェクトの有無比較における社会厚生の増加, 減少を評価するものではないことに注意されたい. しかし, EVについても理論的に最適なプロジェクトが実施される場合には, ADD指標およびADD近似値と等価な厚生指標として取り扱うことができよう.

そこで, 本研究では厚生経済学に関する分野で幅広く用いられているEVとADD指標の計測精度の比較および, 複雑な均衡計算を必要としないという簡便性を有するADD近似値の計測精度の比較を行う.

3. 二地域一般均衡モデルの構築

(1) 二地域モデルの仮定

本章において構築したモデルは, 簡便な二地域一般均衡モデル[21]である. 以下に, 本モデルにおける仮定を列挙する.

仮定①社会は二地域から構成され, 各々の地域に世帯および私企業が存在し, 両地域に跨る公共セクターが行動を行っている.

仮定②各々の地域への企業の参入は自由であり, 長期均衡が成立している.

仮定③住居移転費用はゼロである.

仮定④両地域には, 世帯および私企業が必ず存在する.

仮定⑤地代収入は, すべての世帯に均等に分配されるものとする. すなわち, すべての世帯は均等に土地を所有しているものとする.

仮定⑥社会資本の供給費用は, 世帯および私企業からの利用料金, および世帯からの一括固定税で賄われるものとする.

仮定⑦世帯の公共財より得る効用は公共財の利用サービス量およびその整備水準であり, 私企業の利潤は利用サービス量のみに依存するものとする.

(2) 世帯の行動

i地域(i＝1,2)における世帯の効用$U_i(\cdot)$は, 合成財消費量x_i(x_iはニュメレールであるとする), 住居面積l^H_iおよび世帯の公共財需要量z^H_iで表現され, 予算制約である式(2)のもとで効用最大化行動を行うものとする. なお, 公共財は, 交通機関・情報通信などに代表される市場的なもの, および国防・環境質等に代表される非市場的なものに分類されるが, 本研究では, 前者の交通サービスを想定し分析を進めるものとする. 交通サービスには利用料金が存在する(排除性および競合性という性格を有する)という意味において純粋公共財的性格とはかけ離れた性質を有するものの, ADD指標の性質上（価格・投資水準の乖離による厚生損失を計測する）利用料金が存在する交通サービスを対象としても何ら問題は生じない.

$$\max_{x_i, l^H_i, z^H_i} \quad U_i(x_i, l^H_i, z^H_i, K_i, K_j) \tag{1}$$

$$s.t. \quad w_i + y - T \geqq x_i + p^H_i z^H_i + r^H_i l^H_i \tag{2}$$

ここで, w_i:賃金, r^H_i:住居地の粗地代, p^H_i:世帯が公共財の一単位の利用に要する費用(料金)を意味しており, 交通サービスでいうならば旅客サービスを想定している. また, T:交通関連社会資本整備のための一括固定税, K_i:交通関連社会資本の資本コスト(Cost of Capital)を示している. なお, 式(1)は, 交通ネットワークという公共財のSpillover問題, すなわち, ネットワーク効果による他地域jの公共財の供給水準が自地域iの効用関数に影響するという問題を明示的に示している.

一方, yは資産所得を示しており, 仮定⑤より式(3)のように表現される.

$$y = \pi^L / \overline{N} \tag{3}$$

なお, π^Lは地代収入, $\overline{N}$は両地域の総世帯数を示している. これは,「Uniform National Dividend Scheme」と呼ばれる仮定であり, 人口移動が資産所得に与える影響を除去するためのものである[22].

また, 式(1)および式(2)を解くことにより, 式(4)の合成財需要関数, 式(5)の住居地需要関数および式(6)の公共財需要関数を得ることができる.

このとき, 間接効用関数$V(\cdot)$は式(7)で表現される. なお, K_i,K_jは, 世帯にとってコントロール不能な変数であるため, 式(4)～式(6)には含まれず, 式(7)の間接効用関数にのみ含まれるものとした.

$$x_i = x_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i) \quad (4)$$
$$l^H{}_i = l^H{}_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i) \quad (5)$$
$$z^H{}_i = z^H{}_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i) \quad (6)$$
$$V_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i, K_i, K_j) \equiv U_i(x_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i), l^H{}_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i), z^H{}_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i), K_i, K_j) \quad (7)$$

ここで，式(1)および式(2)は双対定理により，以下の最適化問題として定式化することができる．なお，$e_i(\cdot)$は支出関数を示している．支出関数とは価格が与件の下で一定の効用水準を達成するために必要な最小必要所得額を示している．

$$e(1, r^H{}_i, p^H{}_i, V_i(1, w_i + y - T, r^H{}_i, p^H{}_i, K_i, K_j)) = \min_{x_i, l^H{}_i, z^H{}_i} x_i + p^H{}_i z^H{}_i + r^H{}_i l^H{}_i \quad (8)$$
$$s.t. \quad U_i(x_i, l^H{}_i, z^H{}_i, K_i, K_j) \geqq U^0 \quad (U^0 = \text{Given}) \quad (9)$$
$$w_i + y - T \geqq x_i + p^H{}_i z^H{}_i + r^H{}_i l^H{}_i \quad (10)$$

次に，地主としての世帯の行動を定式化する．地主としての世帯は，地域1,2における総面積$\overline{L_i}$の制約下で，地代収入π^Lを最大化する行動を行うものとすると，式(11)のように表現することができる．ここに，$r^F{}_i$は企業地の粗地代，n_iは雇用者数(世帯数)を示している．

$$\max_{l^H{}_1, l^H{}_2} \pi^L = \Sigma_i (r^H{}_i l^H{}_i n_i + r^F{}_i l^F{}_i) \quad (11)$$
$$s.t. \quad \overline{L_1} = l^H{}_1 n_1 + l^F{}_1 \quad (12)$$
$$\overline{L_2} = l^H{}_2 n_2 + l^F{}_2 \quad (13)$$

ここで，式(11)～式(13)を仮定④に注意して解くと，式(14)が得られる．これは地域毎の用途別地代は一致することを示しており，これは混在的土地利用であることを意味している[23]．

以下では，$r^H{}_i$および$r^F{}_i$を略して，r_iと表記する．

$$r^H{}_i = r^F{}_i = r_i \quad (14)$$

（３）私企業の行動

地域iの私企業は公共財需要量$z^F{}_i$(私企業は交通の貨物サービスを需要するものと想定する)，労働力n_i，企業地面積$l^F{}_i$の投入により価格1の合成財X_iを生産するという生産技術制約下で費用最小化行動を行うものと仮定する(式(15)参照)．

また，式(16)は両地域の私企業は異なる生産構造を有していることを想定している．

$$C^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) = \min_{n_i, l^F{}_i, z^F{}_i} w_i n_i + r_i l^F{}_i + p^F{}_i z^F{}_i \quad (15)$$
$$s.t. \quad X_i = X_i(n_i, l^F{}_i, z^F{}_i) \quad (16)$$

ここで，$C^F{}_i(\cdot)$は費用関数を示している．

式(15)および式(16)を解くことにより，式(17)の労働力需要関数，式(18)の企業地需要関数および式(19)の公共財需要関数が得られ，これを式(15)に代入することにより，費用関数は式(20)となる．

$$n_i = n_i \ (w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) \quad (17)$$
$$l^F{}_i = l^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) \quad (18)$$
$$z^F{}_i = z^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) \quad (19)$$
$$C^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) \equiv w_i \cdot n_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) + r_i \cdot l^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) + p^F{}_i \cdot z^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i) \quad (20)$$

また，仮定②に示した自由参入の条件より，利潤がゼロになるまで企業の参入が継続される．

（４）公共セクターの行動

本研究では公共財を供給する公共セクターは，一括固定税収$\overline{NT}$，公共財サービスに対して世帯および私企業が支払ってもよいと考える料金$p^H{}_i$および$p^F{}_i$(ここではこれらを社会的限界便益とする(ただし，私的限界便益と乖離していないことを暗黙裏に仮定している))を徴収し，社会的費用C^Gとの差分を最大化する，すなわち，社会的総便益最大化行動を行うものと仮定する．

$$\max_{n_1 z^H{}_1, n_2 z^H{}_2, z^F{}_1, z^F{}_2, K_1, K_2} [\Sigma_i (p^H{}_i n_i z^H{}_i + p^F{}_i z^F{}_i) + \overline{NT} - C^G(n_1 z^H{}_1, n_2 z^H{}_2, z^F{}_1, z^F{}_2, K_1, K_2) - \Sigma_i K_i] \quad (21)$$

また，式(21)を解くと，式(22)～式(24)を得る．

以下では，旅客総需要量および貨物総需要量を大文字で表記する（$Z^H{}_i = n_i z^H{}_i$，$Z^F{}_i = z^F{}_i$）．

$$p^H{}_i = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial Z^H{}_i} \quad (22)$$
$$p^F{}_i = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial Z^F{}_i} \quad (23)$$
$$-1 = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial K_i} \quad (24)$$

ここで，式(22)および式(23)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，式(24)は交通関連社会資本投資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．

（５）市場均衡

本研究は一般均衡理論に依拠した二地域モデルであるため，各市場，すなわち，土地市場の均衡条件である式(12)および式(13)，労働市場である式(25)，公共財市場の収支均衡である式(26)および合成財市場の均衡条件式である式(27)，他に私企業の利潤配分条件である式(28)，地代収入の配分条件式(3)および人口移動の均衡条件である式(29)が存在すること

になる．なお，式(28)は，一般的には，$C^F{}_1(\cdot)=C^F{}_2(\cdot)$として表現されるものの，本研究では私企業の生産物はニュメレールであるとしており，かつ，利潤はゼロであるために，利潤生産物の平均費用は1となる．

$$\overline{N}=\Sigma_i n_i \tag{25}$$

$$\Sigma_i(p^H{}_i Z^H{}_i+p^F{}_i Z^F{}_i)+\overline{N}T - C^G(Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,K_1,K_2)-\Sigma_i K_i=0 \tag{26}$$

$$\Sigma_i n_i x_i+\Sigma_i K_i=\Sigma_i X_1 \tag{27}$$

$$C^F{}_1(w_1,r_1,p^F{}_1,X_1)=C^F{}_2(w_2,r_2,p^F{}_2,X_2)=1 \tag{28}$$

$$V_1(1,w_1+y-T,r_1,p^H{}_1,K_1,K_2)=V_2(1,w_2+y-T,r_2,p^H{}_2,K_1,K_2) \tag{29}$$

ここで，本研究で構築した二地域一般均衡モデルの未知数は，r_1, r_2, w_1, w_2, $p^F{}_1$, $p^F{}_2$, $p^H{}_1$, $p^H{}_2$, yの9変数である．これに対して均衡式は9本存在するため，上記の市場均衡式が唯一解を有するものと仮定する[24]．

4．ADD指標およびADD近似値による厚生損失の定式化

本研究では，社会資本の最適供給が達成された場合が効率性が達成されるという意味でのファースト・ベストの状態であると考え，この場合における社会的厚生水準と現状の社会資本の供給水準によりもたらされる社会的厚生水準の差を社会資本供給の厚生損失として捉える．

（1）超過支出関数の導入

厚生損失を定式化する際，Bhagwati, Brecher and Hatta[25]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．ここで超過支出関数をBとすると，超過支出関数は式(30)のように表現できる．

$$B=\Sigma_i n_i e_i(1,r_i,p^H{}_i,V_i)+\Sigma_i C^F{}_i(w_i,r_i,p^F{}_i,X_i)+C^G(Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,K_1,K_2)+\Sigma_i K_i-[\Sigma_i(n_i(w_i+y-T)+X_i+p^H{}_i Z^H{}_i+p^F{}_i Z^F{}_i)] \tag{30}$$

（2）ADD指標による厚生損失の定式化

ここでは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Rを求めることに等しく，また，Rの最大値をADDと置くと，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[7),8)]．

$$\mathrm{ADD}\equiv \max_{\substack{R,x_1,x_2,X_1,X_2,Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,\\ K_1,K_2,l^H{}_1,l^H{}_2,l^F{}_1,l^F{}_2,n_1,n_2}} R \tag{31}$$

$$s.t.\quad \tau R+\Sigma_i n_i x_i+\Sigma_i K_i \leqq \Sigma_i X_1 \tag{32}$$

$$\Sigma_i(p^H{}_i Z^H{}_i+p^F{}_i Z^F{}_i)+\overline{N}T - C^G(Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,K_1,K_2)-\Sigma_i K_i=0 \tag{33}$$

$$\overline{N}=\Sigma_i n_i \tag{34}$$

$$C^F{}_i(w_i,r_i,p^F{}_i,X_i)=1 \quad (i=1,2) \tag{35}$$

$$V_1(1,w_1+y-T,r_1,p^H{}_1,K_1,K_2)=V_2(1,w_2+y-T,r_2,p^H{}_2,K_1,K_2) \tag{36}$$

$$\overline{L_i}=l^H{}_i n_i+l^F{}_i \quad (i=1,2) \tag{37}$$

$$y=\pi^L/\overline{N} \tag{38}$$

ここで，τはADD指標の定義上，合成財(ニュメレール)の追加的需要量を表すパラメータである．また，式(31)～式(38)を解く際に用いられるラグランジェ乗数は各財･サービスの価格を意味する．

さらに，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式(31)～式(38)は凹計画問題であり，鞍点定理を用いて書き直すと，式(39)のように表現できる[26),27)]．

$$\mathrm{ADD}=\max_{\substack{Z^H{}_1,Z^H{}_2,\\ Z^F{}_1,Z^F{}_2,\\ K_1,K_2}}\left[\max_{R}\ \min_{\substack{p^H{}_1,p^H{}_2,\\ p^F{}_1,p^F{}_2}} R(1-\tau)-B\right] \tag{39}$$

このとき，式(39)において$Z^H{}_i$,$Z^F{}_i$,K_i,R,$p^H{}_i$,$p^F{}_i$の解が得られると，そのときの$Z^H{}_i$，$Z^F{}_i$およびK_iは公共財の最適供給レベルを示す．なお，式(39)におけるRはラグランジェ乗数的意味を有するものと解釈できる．

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すると，式(39)は鞍点定理[26),27)]の双対定理より式(40)のように表現することができる．

$$-\max_{p^H{}_1,p^H{}_2,p^F{}_1,p^F{}_2} B(U^0,1,p^H{}_1,p^H{}_2,p^F{}_1,p^F{}_2,Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,K_1,K_2) \tag{40}$$

$$s.t.\quad \tau\geqq 1 \tag{41}$$

このとき式(41)は最適価格に対する基準化を表す式である．また，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，式(31)～式(38)で表される最適化問題は最終的に式(42)で表現される．

$$\max_{Z^H{}_1,Z^H{}_2,Z^F{}_1,Z^F{}_2,K_1,K_2} R^*(1-\tau)-B(\cdot) \tag{42}$$

ただし，$B(\cdot)=B(U^0,1,p^H{}_1{}^*,p^H{}_2{}^*,p^F{}_1{}^*,p^F{}_2{}^*,Z^H{}_1{}^*,Z^H{}_2{}^*,Z^F{}_1{}^*,Z^F{}_2{}^*,K_1{}^*,K_2{}^*)$である．

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を算出する作業と何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[8]の理論展開に従って，ADD指標の第二次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その投資水準に起因するとしている．ここで，公共財の価格，需給に関して成立する式を列挙すると式(22)～式(24)，式(43)および式(44)を挙げることができる.

$$Z^H{}_i = \frac{\partial e_i(1, r_i, p^H{}_i, V_i)}{\partial p^H{}_i} \tag{43}$$

$$Z^F{}_i = \frac{\partial C^F{}_i(w_i, r_i, p^F{}_i, X_i)}{\partial p^F{}_i} \tag{44}$$

ここで，式(43)，式(44)は公共財市場に需給のバランスが存在することを示す．現状において経済諸変量が均衡していると仮定すると，式(22)～式(24)は現状の公共財の利用価格および社会資本の供給量の最適状況からの歪みを表すパラメータa_i，b_i，c_iを用いて，式(45)～式(47)のように書き直すことが可能である.

$$p^H{}_i = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial Z^H{}_i} + a_i \tag{45}$$

$$p^F{}_i = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial Z^F{}_i} + b_i \tag{46}$$

$$1 + c_i = -\frac{\partial C^G(Z^H{}_1, Z^H{}_2, Z^F{}_1, Z^F{}_2, K_1, K_2)}{\partial K_i} \tag{47}$$

さらに，パラメータt($0 \leqq t \leqq 1$)を導入して，均衡状態がtの関数として表されるとすると，t=0のとき最適解，t=1のとき市場解に一致する.

$$p^H{}_i(t) = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1(t), Z^H{}_2(t), Z^F{}_1(t), Z^F{}_2(t), K_1(t), K_2(t))}{\partial Z^H{}_i(t)} + a_i t \tag{48}$$

$$p^F{}_i(t) = \frac{\partial C^G(Z^H{}_1(t), Z^H{}_2(t), Z^F{}_1(t), Z^F{}_2(t), K_1(t), K_2(t))}{\partial Z^F{}_i(t)} + b_i t \tag{49}$$

$$1 + c_i t = -\frac{\partial C^G(Z^H{}_1(t), Z^H{}_2(t), Z^F{}_1(t), Z^F{}_2(t), K_1(t), K_2(t))}{\partial K_i(t)} \tag{50}$$

$$Z^H{}_i(t) = \frac{\partial e_i(1, r^H{}_i(t), p^H{}_i(t), V_i(t))}{\partial p^H{}_i(t)} \tag{51}$$

$$Z^F{}_i(t) = \frac{\partial C^F{}_i(w_i(t), r^F{}_i(t), p^F{}_i(t), X_i(t))}{\partial p^F{}_i(t)} \tag{52}$$

さらに，超過支出関数式(30)もtに依存するとすると，式(30)は式(53)のように表現することができる.

$$\begin{aligned} B(t) = & \sum_i n_i(t) e_i(1, r_i(t), p^H{}_i(t), V_i(t)) \\ & + \sum_i C^F{}_i(w_i(t), r_i(t), p^F{}_i(t), X_i(t)) \\ & + C^G(Z^H{}_1(t), Z^H{}_2(t), Z^F{}_1(t), Z^F{}_2(t), K_1(t), K_2(t)) \\ & + \sum_i K_i(t) - [\sum_i (n_i(t)(w_i(t) + y(t) - T(t)) \\ & + X_i(t) + p^H{}_i(t) Z^H{}_i(t) + p^F{}_i(t) Z^F{}_i(t))] \end{aligned} \tag{53}$$

これをtで微分して，式(48)～式(52)を代入すると，以下の式を得る.

$$\begin{aligned} \frac{\partial B(t)}{\partial t} = -t\Big(& a_1 \frac{\partial Z^H{}_1(t)}{\partial t} + a_2 \frac{\partial Z^H{}_2(t)}{\partial t} + b_1 \frac{\partial Z^F{}_1(t)}{\partial t} \\ & + b_2 \frac{\partial Z^F{}_2(t)}{\partial t} + c_1 \frac{\partial K_1(t)}{\partial t} + c_2 \frac{\partial K_2(t)}{\partial t} \Big) \end{aligned} \tag{54}$$

$$\frac{\partial B(0)}{\partial t} = 0 \tag{55}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 B(0)}{\partial t^2} = & a_1 \frac{\partial Z^H{}_1(0)}{\partial t} + a_2 \frac{\partial Z^H{}_2(0)}{\partial t} + b_1 \frac{\partial Z^F{}_1(0)}{\partial t} \\ & + b_2 \frac{\partial Z^F{}_2(0)}{\partial t} + c_1 \frac{\partial K_1(0)}{\partial t} + c_2 \frac{\partial K_2(0)}{\partial t} \end{aligned} \tag{56}$$

ここで，$B_i(t)$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，式(57)となる．さらに，Diewert[28),29)]の第二次近似の補題を用いると，厚生損失は式(58)のように表現できる.

$$\begin{aligned} & B(0) - B(1) \\ & \fallingdotseq B(0) - \Big(B(0) + \frac{\partial B(0)}{\partial t} + \frac{1}{2} \frac{\partial^2 B(0)}{\partial t^2}\Big) \\ & = -\frac{1}{2}\Big(a_1 \frac{\partial Z^H{}_1(0)}{\partial t} + a_2 \frac{\partial Z^H{}_2(0)}{\partial t} \quad b_1 \frac{\partial Z^F{}_1(0)}{\partial t} \\ & \quad + b_2 \frac{\partial Z^F{}_2(0)}{\partial t} + c_1 \frac{\partial K_1(0)}{\partial t} + c_2 \frac{\partial K_2(0)}{\partial t}\Big) \end{aligned} \tag{57}$$

$$B(0) - B(1) \fallingdotseq -\frac{1}{2}\Big(\frac{\partial B(0)}{\partial t} + \frac{\partial B(1)}{\partial t}\Big) \tag{58}$$

これに，式(55)を代入すると，二地域の厚生損失の第二次近似値であるADD近似値(ADD_{AV}: ADD Approximate Value)は式(59)のようになる.

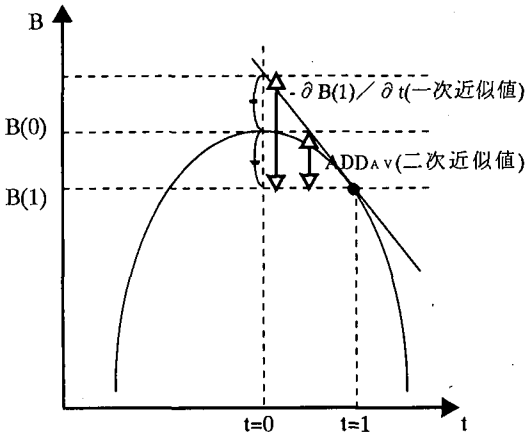
$$\begin{aligned} ADD_{AV} = \frac{1}{2}\Big(& a_1 \frac{\partial Z^H{}_1(1)}{\partial t} + a_2 \frac{\partial Z^H{}_2(1)}{\partial t} + b_1 \frac{\partial Z^F{}_1(1)}{\partial t} \\ & + b_2 \frac{\partial Z^F{}_2(1)}{\partial t} + c_1 \frac{\partial K_1(1)}{\partial t} + c_2 \frac{\partial K_2(1)}{\partial t}\Big) \end{aligned} \tag{59}$$

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.

また，式(59)を行列表現したものを脚注１に示す．

（４）ADD近似値の意味とその性質

ここで，ADD近似値の概念図を図－１に示す．



図－１ ADD近似値の図的解釈(文献11)を加筆修正)

ADD近似値を導出する際に用いたDiewert[28),29)]の第二次近似の補題とは，「最適点における関数の第二次近似値が最適点と均衡点における第一次近似の単純平均とほぼ等しい」というものである．特に，これが二次関数の場合にはADD近似値は真値(ADD指標)と一致することが証明されている．図－１は，現状の均衡点から最適点までの移行過程が二次関数である場合を示している．

ここで，テーラー展開により最適点(t＝0)と現状の均衡点(t＝1)におけるADD指標値を一次近似すると以下の式を得る．

$$B(0) - B(1) \fallingdotseq -\frac{\partial B(1)}{\partial t} \tag{62}$$

一般に，超過支出関数B(t)が$Z^H{}_i$,$Z^F{}_i$の凹関数であることから，テーラー展開による第一次近似値は実際のB(0)－B(1)の値を過大評価する可能性が高いことは図－１より明らかであろう．

５．数値解析のための諸設定

（１）構造推定のためのデータ作成

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．なお，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地域の生産技術，すなわち，技術的生産関数に差があるものとした．なお，推定には1974年～1991年までの時系列データを用い，全て1985年価格にデフレートした．以上の使用データ一覧を表－２に示す．

次に，本研究の分析対象である交通関連社会資本の資本コストに関するデータの作成方法について示す．本研究で使用する交通関連社会資本ストックデータは，「日本の社会資本(経済企画庁総合計画局)」の部門別社会資本ストック推計表の各年度の粗資産額$K^M{}_t$(1982年まで)を「国民経済計算」の国民総支出デフレーターを用いて1985年価格にデフレートした．さらに，「公共投資着工統計年報」の総工事費評価額を毎年の投資額$I^M{}_t$として式(64)に示した交通施設毎の資本ストック蓄積関数により減耗率を推定し，1983年以降の投資額を代入することにより，1983年以降のストックデータを作成した．

$$K^M{}_t = (1-\delta^M)K^M{}_{t-1} + I^M{}_t \tag{64}$$

ここで，$K^M{}_t$：M交通施設のt年度におけるストック(ただし，M＝道路，鉄道，航空)，$I^M{}_t$：M交通施

脚注１：

$$ADD_{AV} = \frac{1}{2}\begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b_1 \\ b_2 \\ c_1 \\ c_2 \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 Z^H{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial Z^F{}_1(1)\partial Z^H{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_1(1)\partial Z^H{}_1(1)} \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 Z^H{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial Z^F{}_2(1)\partial Z^H{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_2(1)\partial Z^H{}_2(1)} \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial Z^F{}_1(1)\partial Z^H{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 Z^F{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_1(1)\partial Z^F{}_1(1)} \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial Z^F{}_2(1)\partial Z^H{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 Z^F{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_2(1)\partial Z^F{}_2(1)} \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_1(1)\partial Z^H{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_1(1)\partial Z^F{}_1(1)} & -\dfrac{\partial^2 K_1(1)}{\partial^2 C^G(1)} \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_2(1)\partial Z^H{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial K_2(1)\partial Z^F{}_2(1)} & -\dfrac{\partial^2 K_2(1)}{\partial^2 C^G(1)} \end{bmatrix} - \begin{bmatrix} -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 p^H{}_1(1)} & 0 & 0 \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 p^H{}_2(1)} & 0 & 0 \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 p^F{}_1(1)} & 0 & 0 \\ -\dfrac{\partial^2 C^G(1)}{\partial^2 p^F{}_2(1)} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \\ b_1 \\ b_2 \\ c_1 \\ c_2 \end{bmatrix} > 0$$

注1) Tは転置行列，-1は逆行列を示す．
注2) $C^G(1) \equiv C^G(Z^H{}_1(1), Z^H{}_2(1), Z^F{}_1(1), Z^F{}_2(1), K_1(1), K_2(1))$

表－2　使用データ一覧

項　目	データの出典と加工方法
地　代	「地価公示」をもとに都道府県別の全用途を合計した平均地価
賃　金	「毎月勤労統計要覧」の県別平均現金給与額の年換算値
土地面積	「固定資産の価格等の概要調査」および「日本統計要覧」より，民有地面積の宅地面積を利用した．これは住宅面積と商業面積に分類されており，前者を住宅地，後者を企業地として配分した．
労働力	「住民基本台帳」の各県別の世帯数
生産額	「県民経済計算年報」の経済活動別県内総生産の，農林水産業(第1次産業)を除いた全産業の値
交通需要量	「道路統計年報」の輸送機関別旅客輸送人キロおよび分担率の推移，輸送機関別国内貨物輸送トンキロおよび分担率の推移に関するデータ．地域分割および旅客需要(世帯)と貨物輸送(企業)の分割は道路は「陸運輸送統計年報」，「自動車輸送統計年報」，「鉄道輸送統計年報」，「航空統計要覧」を用いた．
交通維持管理費	道路は「道路統計年報」を用い，一般道路の費用は「道路・都市計画街路事業費計」の「橋梁補修」「舗装補修」「その他修繕」「維持」「その他」の費用を高速道路に関しては，日本道路公団の維持改良費」「業務管理費」「一般管理費」を，そして首都高速の「高速道路維持修繕費」「高速道路管理費」「一般管理費」をさらに「地方公共団体の有料道路事業費」の「維持修繕」「その他」，「地方道路公社の有料道路事業費」の「維持修繕」「その他」，以上の費用の総和を利用した．人件費などは，管理費やその他に含まれるものと解釈した． 鉄道は「鉄道統計年報」および「民鉄統計年報」の鉄軌道業営業費計を用いた． 航空費用は「航空統計要覧」の国内線に関する営業費用を用いた．国内線の費用は，国内線と国外線を飛行距離の比で配分した．
交通利用料金	道路は「道路統計年報」の道路に関する収入および車税調から目的税，車税，道路占有料等の合計を道路収入とし，それを業態別・車種別走行キロにより旅客収入と貨物収入に配分して，それを旅客輸送人キロおよび貨物輸送トンキロで除すことにより求めた． 鉄道は「鉄道統計年報」および「民鉄統計年報」の鉄軌道営業損益より旅客収入，貨物収入を用い，それを旅客輸送人キロおよび貨物輸送トンキロで除すことにより求めた． 航空は「航空統計要覧」の日本の航空会社の営業収入を国内線と国外線の飛行距離の比により分配し国内線の営業収入を求め，それを，旅客輸送人キロおよび貨物輸送トンキロで除すことにより求めた．

設のt年度における投資額，δ^M：M交通施設の減耗率を示す．これらの構造推定結果を表－3に示す．

さらに，本研究では，交通関連資本ストックを割引率5%で資本コストに換算した．

表－3　交通関連資本ストック蓄積関数の構造推定結果

パラメータ		道　路 (推定値(t値))	鉄　道 (推定値(t値))	航　空 (推定値(t値))
1	δ^M	9.34×10^{-3} (131.55)	2.81×10^{-2} (114.84)	1.26×10^{-2} (128.66)
Adj.-R^2		0.998	0.998	0.998
D.W.-Ratio		1.430	1.614	1.325
N. of Sample		29	29	29

注)1954年から1982年のデータを用いた時系列推定である．

（2）効用関数，生産関数および費用関数の特定化

本研究では効用関数および生産関数としてCES (Constant Elasticity of Substitution)型関数を採用し，また，地方公共セクターの交通施設サービス供給の費用関数には両対数型構造を採用した．なお，理論モデルにおける費用関数では，両地域の社会資本ストックが独立の変数として定式化したものの，構造推定の際には，両者に多重共線性が発生したため，両者の合計値を説明変数とした．また，特定化した効用関数を式(65)，地域iの生産関数を式(66)および地方公共セクターの交通施設サービス供給の費用関数を式(67)に示す．ただし，地域間で異なるのはこのうち生産構造のみであるとして，地域別に生産関数を推定することとする．ここで，ギリシャ文字で示した変数はパラメータを示している．なお，式(67)以外の構造推定は「SPSS Version6.1 Non-Linear Regressionコマンド」を用いた．これらの構造推定結果を表－4～表－6に示す．

$$U(x_i, l^H_i, z^H_i, K_i, K_j) = [\alpha x_i^{-\rho} + \beta l^{H\,-\rho}_i + \gamma z^{H\,-\rho}_i]^{-1/\rho} + \Sigma_i K_i \quad (65)$$

$$X_i = X_i(n_i, l^F_i, Z^F_i) = [\zeta_i n_i^{-\sigma_i} + \eta_i l^{F\,-\sigma_i}_i + \theta_i Z^{F\,-\sigma_i}_i]^{-1/\sigma_i} \quad (66)$$

$$ln C^G = \upsilon + \phi\, ln(\Sigma_i K_i/\bar{N}) + \chi\, ln(\Sigma_i Z^H_i + \phi\, \Sigma_i Z^F_i) \quad (67)$$

また，本研究では効用関数の構造推定を行うにあたり，式(1)および式(2)を解くことにより得られる交通需要関数式(6)より推定を行った．これは，表－2に示したように，交通関連のデータが最も吟味して収集したという理由に起因している．なお，同様に求められる合成財需要関数式(4)および住宅地需要関数式(5)を用いた場合においても，データの問題により統計的推定結果は若干異なる可能性があるものの，理論的に得られる構造推定結果は同値

である．

表－４　交通需要関数（効用関数）の構造推定結果

パラメータ		推定値 (t値)
1	α	0.091 (2.96)
2	β	0.095 (1.27)
3	γ	0.017 (2.49)
4	ρ	-0.283 (-6.01)
Adj.-R^2		0.896
D.W.-Ratio		1.576
N. of Sample		18

表－５　生産関数の構造推定結果

パラメータ		推定値 (t値)	
		地域1(i＝1)	地域2(i＝2)
1	ζ_i	0.350 (3.33)	0.064 (1.16)
2	η_i	0.565 (4.73)	0.074 (2.46)
3	θ_i	0.787 (7.33)	0.951 (4.18)
4	σ_i	0.001 (1.57)	-0.011 (-1.34)
Adj.-R^2		0.829	0.919
D.W.-Ratio		1.830	1.260
N. of Sample		18	18

表－６　費用関数の構造推定結果

パラメータ		推定値 (t値)
1	υ	21.245 (2.73)
2	ϕ	0.504 (1.89)
3	χ	0.040 (1.71)
4	ψ	7.506 (9.11)
Adj.-R^2		0.724
D.W.-Ratio		1.657
N. of Sample		18

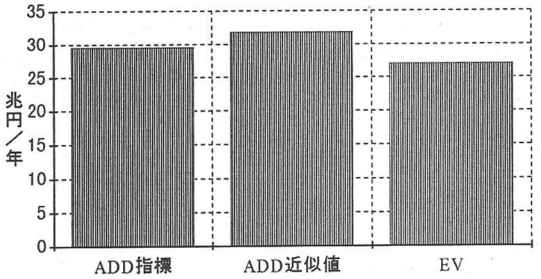
６．ADD指標およびADD近似値の算出

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．なお，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．

なお，本研究におけるEVは式(68)で表現される．

$$EV=\overline{N}\cdot[e(1,r^H{}_i(1),p^H{}_i(1),V_i(0)) - e(1,r^H{}_i(1),p^H{}_i(1),V_i(1))] \quad (68)$$

図－４には算出された各社会厚生指標値を示す．なお，本研究における均衡計算には，「Mathematica FindRootコマンド」を用いた[30]．



社会厚生指標	ADD指標	ADD近似値	EV
計測値(兆円)	29.5	31.8	27.0
各指標／EV	9.3%	17.8%	0.0%

図－４　社会厚生指標の計測結果(1991年単年値)

図－４をみると，現状における交通関連資本の供給水準および料金制度の最適均衡状態からの乖離による厚生損失は，ADD近似値では約31.8兆円（1991年単年度単年値）と計測された．この値はEVに対して17.8%の過大評価，ADD指標に対して7.8%の過大評価傾向を示している．また，ADD指標とEVを比較すると，ADD指標はEVに対して9.3%の過大評価傾向を有していることが分かる．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．

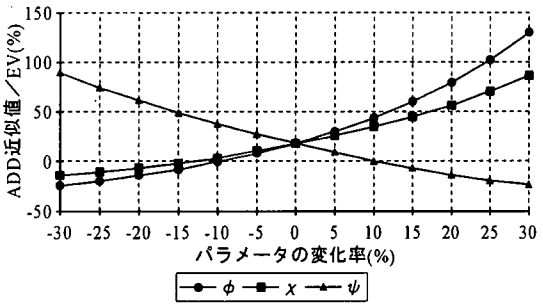
７．感度分析によるADD近似値の有効範囲

次に，本研究ではADD近似値の実証的有効範囲を定量的に把握するために，費用関数(式(67))におけるパラメータ(最適資本ストック水準を既定するϕ，最適価格を規定するχ，旅客と貨物のコンバータであるψ)を変化させた場合のADD近似値とEVとの乖離度およびADD近似値とADD指標の乖離度に関する感度分析を実行した．その結果を図－５および図－６に示す．

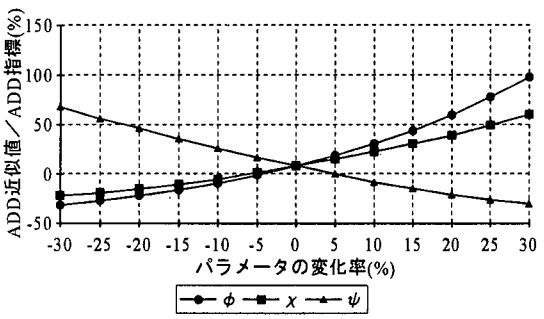
まず，図－５をみると，各々のパラメータを独立に±30%変動させた場合には，ϕによる変動が最も大きく資本ストックに対して最も敏感であることが分かる．また，ψの変化に対してはADD近似値とEVの乖離度の傾向が他のパラメータと比較して逆方向に作用していることが分かる．さらに，全体的にはϕを＋25%以上変化させたケース以外は，ADD近似値とEVの乖離度は±100%程度以内であることから，ADD近似値は社会資本サービス供給のための費用関数のみを高い精度で推定することが可能であれば，ADD近似値は，簡便，かつ，有用な社会

厚生指標になり得ることを意味しているといえよう．

次に，図－６をみると図－５と同様な傾向を有していることが分かる．



図－５　感度分析によるADD近似値/EVの計測精度



図－６　感度分析によるADD近似値/ADD指標の計測精度

８．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ものと解釈し得ることを示した．

本研究での実証分析ではADD指標およびADD近似値はある程度有効な指標であると解釈し得る結果が得られたものの，費用関数の構造推定精度の精緻化は極めて重要な課題であると言えよう．また，第二の課題として，理論モデルの前提および定式化の条件設定等におけるEV，CVおよびWEV等他の厚生指標との理論的因果関係を明らかにすることが残されている．さらに，第三の課題として，本研究において主張したADD指標およびADD近似値は，既存の社会資本の厚生損失を計測するものであり，実際のプロジェクト有無における厚生変化を計測するものではない．したがって，今後は，実際のプロジェクト評価に適用し得るように理論的拡張を行う必要があることは言うまでもない．しかし，ADD近似値はこれまであまり試みられなかった地域別社会資本分類別(例えば，農林水産基盤，産業基盤，運輸・通信基盤，生活基盤)の厚生損失を簡便な方法により貨幣タームで評価することが可能である．このことは，今後の公共投資の地域配分を議論する際の，優先順位および投資量を検討する際に有用な情報を提供し得ることを示していると言えよう．

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，謝意を表する．

参考文献

1) Samuelson,P.A.: The Pure Theory of Public Expenditure, *Review of Economics and Statistics*, Vol.36, No.4, pp.387-389, 1954.

2) Buchanan,J.M.: The Demand and Supply of Public Goods, Rand McNally, 1968.

3) Allais,M.: Theories of General Economics Equilibrium and Maximum Efficiency, in Schwodiauer,E. ed., *Equilibrium and Disequilibrium in Economic Theory*, Dordrecht, pp.129-201, 1977.

4) Debreu,G.: The Coefficient of Resource Utilization, *Econometrica*, Vol.19, pp.273-291, 1951.

5) Debreu,G.: A Classical Tax-Subsidy Problem, *Econometrica*, Vol.22, pp.14-22, 1954.

6) Diewert,W.E.: The Measuremant of Waste within the Production Secter of an Open Economy, *Scandinavian Journal of Economics*, Vol.85, pp.159-179, 1983.

7) Diewert,W.E.: 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, 1985

8) Tsuneki,A.: The Measurement of Waste in a Public Goods Economy, *Journal of Public Economics*, Vol.33, pp.73-94, 1987.

9) Tsuneki,A.: The Measurement of Waste with Increasing Returns to Scale, *Economic Studies Quarterly*, Vol.40, pp.73-94, 1989.

10) 常木淳:経済効率性指標の交通への応用について,日本交通政策研究会,日交研シリーズA-157, pp.1-16, 1993.

11) 浅子和美·常木淳·福田慎一·照山博司·塚本隆·杉浦正典:社会資本の生産力効果と経済厚生評価,経済企画庁経済研究所編集,経済分析,Vol.135, pp.1-90, 1994.

12) 詳しくは，Deaton,A. and Muellbauer,J.: *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge University Press, 1980.

13) 例えば，常木淳:厚生経済学の基礎,公共経済学,第1章,新世社,pp.1-29, 1990.

14) 太田和博:消費者余剰理論の再検討,集計の経済学,第1章,文眞堂,pp.11-73, 1995.

15) 森杉壽芳:プロジェクト評価に関する最近の話題,土木計画学·論文集,No.7, pp.1-33, 1989.

16) Kanemoto,Y. and Mera,K.: General Equilibrium Analysis of the Benefit of Large Transportation Improvements, *Regional Science and Urban Economics*, Vol.15, pp.343-363, 1985.

17) Morisugi,H.: Welfare Implications of Cost-Benefit Analysis, Isard,W. and Nagao,y. eds.,*International and Regional Conflict: Analytical Approaches*, Chapter.10, Ballinger, pp.161-186, 1983.

18) 森杉壽芳:交通便益の概念とその測定理論,高速道路と自動車,Vol.27, No.4, pp.17-26, 1984.

19) Diewert,W.E.: The Measurement of the Economic Benefits of Infrastructure Services, *Lecture Notes in Economics and Mathematical Systems*, Springer Verlag, 1986.

20) 森杉壽芳:交通プロジェクトの便益の定義について:弱等価的偏差(WEV)の提唱,地域学研究,Vol.14,pp.31-46,1984.

21) 例えば, 林山泰久: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, 1993.

22) Wildasin,D.E.: Theoretical Analysis of Local Public Economics, in Mills,E.S. ed., *Handbook of Regional and Urban Economics*, North-Holland, Vol.2, Chapter.29, pp.1131-1178, 1987.

23) Voith,R.: Capitalization of Local and Regional Attributes into Wages and Rents, Differences Across Residential, Commercial and Mixed-Use Communities, *Journal of Regional Science*, Vol.31, No.2, pp.127-145, 1991.

24) Varian,H.R.: *Microeconomic Analysis*, Third Edition, Norton and Company, 1992.

25) Bhagwati,J.N., Brecher,R.A. and Hatta,T.: The Generalized Theory of Transfer and Welfare: Bilateral Transfers in a Multilateral World, *American Economic review*, Vol.73, pp.606-618, 1983.

26) Uzawa,H.: 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, 1958.

27) Karlin,S.: Mathematical Methods and Theory in Games, *Programming and Economics*, Vol.1, Addison-Wesley, 1959.

28) Diewert,W.E.: Exact and Superlative Index Numbers, *Journal of Econometrics*, Vol.4, pp.115-145, 1976.

29) Diewert,W.E.: A Dynamic Approach to Measurement of Waste in an Open Economy, *Journal of International Economics*, Vol.19, pp.213-240, 1985.

30) Varian,H.R.: *Economic and Financial Modeling with Mathematica*, Springer-Verlag, pp.104-123, 1993.

(1995. 12. 18 受付)

THE ACCURACY OF THE WELFARE LOSSES OF TRANSPORTATION INFRASTRACTURE IMPROVEMENT PROJECTS BY THE ALLAIS-DEBREU-DIEWERT MEASURE

Yasuhisa HAYASHIYAMA and Masashi HATANO

The purpose of this paper is twofold. Firstly, we constructed the model to discuss the two-regional equilibrium model for evaluate to the welfare losses of transportation infrastructure improvement projects. Secondly, we utilized the ADD measure and its second order approximation to analyse the approximity of the equivalent variation within the context of two-regional general equilibrium model. In particular, we clarified the limit of overestimation or underestimation of ADD second order approximation in regard to sensitivity analysis of parameters of cost function. Concluding, we could see the accuracy and availability of the ADD measure and its second order approximation.