

等価的変差による交通施設の外部財評価方法に関する研究

A Study on Evaluation Method for Non-Market Goods
Caused by Transportation Facilities Based on Equivalent
Variation

○ 吉 田 哲 生**
森 杉 寿 芳***
By Tetsuo YOSHIDA
Hisayoshi MORISUGI

This paper is developing a methodology for evaluating non-market goods caused by transportation project such as time saving and environment deterioration. Evaluation method have been established for market goods by using the concept of "Compensating Variation" or "Equivalent Variation", but not for non-market goods. This paper, first, establishes a definition of the benefits of the time saving and environment change on the basis of welfare economics. Secondly, the possibility of a practical measurement of these benefits based on market data for transportation activity is shown by an application of a general equilibrium approach.

1. ま え が き

本研究は、交通プロジェクトの特有な効果として考えられる時間節約および環境への影響について、費用便益理論の拡張的解釈による統一的計測を試みたものである。従来から私的財については、補償的変差(Compensating Variation)や等価的変差(Equivalent Variation)による評価理論が確立されているが、本研究の対象とする交通プロジェクトの提供する時間財や環境財などの非市場財については補償的変差や等価的変差などの市場財の評価理論の枠組からは外れており、新たな理論構築を必要とするものである。この点をふまえ、まず厚生経済学の根拠にもとづいた、これらの財の便益定義を確立する。さらにこの定義に沿った便益計測が実際の

計測手法となるためには、純粋(Net)な効果の抽出が可能であること、市場データを用いての評価が可能であることが重要な条件となるが、これらについても一般均衡論アプローチの適用により可能であることを明らかにするものである。

2. 交通プロジェクトへのE V評価の有用性

(1) 市場財のE V評価

近年、厚生経済学の文献において費用便益分析(CBA)の理論的裏づけとして、公共プロジェクトのすべての損失と利得の貨幣換算値である個人の純利益(Net Benefits)は、等価的変差(Equivalent Variation 略してE V)によって定義すべきであるという主張がある。ここに、E Vとは、影響を被った個人が“よい”影響をあきらめるために必要であるとする最小補償額あるいは“わるい”影響を避けるために支払うに値すると考える最小支払意思額と定義するものである。このようなE Vによる評価の概念にもとづく、プロジェクトのCBA(Cost

* 等価的変差, 外部財評価, 交通施設便益

** 正会員 ㈱三菱総合研究所 主任研究員
(〒100 千代田区大手町2-3-6)

*** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部建設工学科
(〒501 岐阜市柳戸1-1)

Benefit Analysis) の実行の主張は、私的財 (Private Goods) のみで成り立つ経済体系下において、以下に述べる 3 つの事項が成立することとその根拠をおいている。すなわち、

① EV は、個人の効用関数の単調変換であり、したがって確実性下の世界では効用関数そのものとみなしてよい。このことから、誰も損失を被ることなく誰かの効用が増加するという改善 (Paret Improvement) となる変化に対しては、任意の個人 n の EV (EV_n) が正、すなわち $EV_n > 0$ となり、その逆も成立する。そこで、パレート改善となる変化をもたらすプロジェクトを採用するという判断基準をパレート基準 (Pareto Criterion) とよぶことにすると、全ての個人に関して $EV_n > 0$ なる採用基準は、パレート基準と等価である。^{1) 2)}

② 個人に対して適当な重み w_n をつけて合計した $\sum w_n \cdot EV_n$ の正負でプロジェクトを判断する基準を社会厚生基準 (Social welfare criterion) と呼ぶ。EV は効用関数そのものであるから、 w_n についての合意が得られれば、 $\sum w_n \cdot EV_n > 0$ なる基準は、効率性と公平性を同時に考慮した総合判断基準となる。³⁾ 特に、 $w_n = 1$ としたときの採択基準 $\sum EV_n > 0$ (Cost Benefit Criterion) は、利得者が損失者を補償するという条件のもとでパレート基準 (Potential Pareto Criterion) の十分条件となる。この広義の効率基準の検討を実践的に行うことができる。⁴⁾

③ EV は、少なくとも私的財に関するかぎり、個人の通常の需要関数を用いて測定することが可能である。すなわち、プロジェクトによる価格と所得の変化、および価格の変化する私的財の需要関数 (および価格の変化する生産要素の供給関数) を知れば、EV を測定することができる。^{1) 2)}

(2) 交通プロジェクトへの適用性

本研究の対象とする交通プロジェクトの場合に、以上のような EV 概念による便益定義が適当である理由は上記の 2 つの根拠にたづねて述べると次のとおりである。第 1 に、交通プロジェクトの評価のような社会的評価の場合には、何らかのプロジェクト採択基準が必要であるが、現在における唯一の社会的合意と考えられる潜在パレート基準に EV 基準が合致している。このことは、EV が効用関数とみなすことができるということによっている。さらに交通プロジェクトの分野においては、ある交通改善テ

ーマに関していくつもの代替案が挙げられることが通常であるが、その順序づけが EV が効用関数であることにより可能である。第 2 は交通プロジェクト評価への実用性ということであるが、これは EV が市場で計測しうる個人の需要関数を用いて計測が理論的に可能ということであるということであり EV が備えもつものである。

以下次章において、交通インパクトの便益を EV によって評価するための理論的枠組について考察する。

3. EV による時間財と環境財評価の定式化

ここでは、上記した EV による交通プロジェクト便益の定式化を行う。

交通プロジェクトは、その特有な効果として、非市場財 (外部財) の供給を行うことが挙げられる。すなわち時間という資源を時間節約という形で提供し、環境に影響を与えるという形で新たな環境財を提供する。以下の分析は、これらの非市場財についても EV で定義される便益による評価が可能であることを示したものである。

(1) 経済行動のモデル

私的財に加えて時間という資源と環境財を含む費用便益評価を行うためには、これらの資源および財の存在する世界での家計の効用最大化行動および企業の生産に関する利潤の最大化行動を記述することが必要である。ここでは、上記の外部財のうち、家計については環境財および時間財がその効用に影響し、また企業においては時間財がその利潤に影響するものとした。

1) 家計の効用最大化行動⁴⁾

時間および環境財を明示的に取り入れた、家計の行動モデルは以下のように定式化することができる。すなわち、家計は所得制約 $P \cdot x = P \cdot \bar{x}$ および時間制約 $t \cdot x = T$ のもとで、財の消費の組み合わせを適当に決めることにより自らの家計の効用を最大化するものである。家計の交通行動に要する時間は (1. c) の制約式に、また環境財は (1. a) 式の効用関数の中に、交通インパクトを反映するものとして組み込まれている

$$v(P, t, P \cdot \bar{x}, q, T) = \max_{(x)} u(x, q) \quad (1.a)$$

$$\text{s.t.} \quad P \cdot x = P \cdot \bar{x} \quad (1.b)$$

$$t \cdot x = T \quad (1.c)$$

ただし、

x : 価格ゼロの余暇時間を含む私的財の消費ベクトルであり、生産要素の供給はマイナスで示す(変数)、

Q : 環境水準を示す環境財ベクトル(パラメータ)、

P : x の価格ベクトル(パラメータ)、

t : 1 単位の x を消費するに要する所要時間ベクトル(パラメータ)、

$\bar{x}$: 私的財の所有ベクトルから一括固定税(Lump Sum Tax)を差し引いた値(パラメータ)、

T : 利用可能総時間(パラメータ)、

$u(\cdot)$: 効用関数

$v(\cdot)$: 達成可能な効用水準(=間接効用関数)

2) 生産活動⁵⁾

生産活動への時間財の影響は、業務旅行に要する時間を介して表われるものとする。

いま企業は、労働投入量 W_i および土地 K_i を用いて i 財の生産を行い、 W_i 中の生産工程にふり向けられる分 E_i と K_i で i 財の生産量が定まる生産関数 f_i を具えているものとする。企業にとっての労働投入量 W_i は、家計の選択する(上記モデルで決まる)単位家計あたりの労働時間 t_w と、企業の雇用する労働者(家計)数 L_i の積 $L_i \times t_w$ によって表わされる。また、この財の生産にあたっては、商談、契約業務、打ち合わせなどのために単位生産量あたり ℓ (人・時間)の業務旅行(移動)を必要とするものと仮定する。

この場合、企業行動は価格 P_i の第 i 財を、賃金 w 、地代 r のもとに、雇用量 W_i 、土地量 K_i をコントロールすることにより、利潤 π を最大化するように生産量 X_i を決める行動として記述できる。

$$\pi_i^*(w, r, \ell) = \max_{(W, K)} \pi_i = P_i \cdot X_i - w \cdot W_i - r K_i \quad (2.a)$$

$$\text{s.t. } X_i = f_i(E_i, K_i) \quad (2.b)$$

$$\ell \times X_i + E_i = W_i = t_w \times L_i \quad (2.c)$$

ここに E_i は、全労働投入量 W_i から業務交通への労働投入を除いた生産工程にふり向けられる労働投入量である。

3) 支出関数⁴⁾

ここで EV による便益定義と、1), 2) のような

主体の合理化行動を結びつける道具として支出関数(Expenditure Function)を導入する。支出関数は、直接的には家計の効用に関連したものであり、EV 評価の基本的方向である家計への帰着ベースでの便益定義および測定ということに合致している。なお、生産活動は、後に 4 章で展開するが、それによって家計の獲得する所得を介して間接的に帰着ベース便益に影響する。

家計の効用最大化行動と EV とは、以下で定義される支出関数 $e(\cdot)$ を介してリンクする。

ここで、まず(1)式を x について解くと、個人の私的財需要関数および生産要素の供給関数ベクトル $x(P, t, P\bar{x}, Q, T)$ を得、これを(1.a)式の効用関数に代入すると、いわゆる、関数効用関数(Indirect Utility Function) $v(P, t, P\bar{x}, Q, T)$ を得る。 $v(\cdot)$ は、個人にとってのパラメータ $P, t, P\bar{x}, Q, T$ が与えられたときに、達成可能な効用レベルを示すものである。この間接効用関数 $v(\cdot)$ は、所得 $P\bar{x}$ に関して増加関数であることが証明されている。そこで、一定の効用レベル $\bar{u}$ および $P\bar{x}$ を変数化した e を用いて、

$$v(P, t, e, Q, T) = \bar{u} \quad (3)$$

を満足する所得 e についてとくと、

$$e = e(P, t, Q, T, \bar{u}) \quad (4)$$

を得る。この $e(\cdot)$ を支出関数(Expenditure Function)とよぶ。支出関数の値は、 P, t, Q, T の値と与件として、一定の効用レベル $\bar{u}$ を達成するために必要な最小必要所得を示す。すなわち $e(\cdot)$ は、次式で定義される目的関数の値である。^{3) 4) 5)}

$$e = (p, t, Q, T, \bar{u}) = pC = \min_{(x)} p \cdot x \quad (5.a)$$

$$\text{s.t. } u(x, q) \geq \bar{u} \quad (5.b)$$

$$t x = T \quad (5.c)$$

ここで定義された $e(\cdot)$ は、ディメンジョンは貨幣であり、しかも同一効用上のものであるので補償所得に関連しており、次に展開する Equivalent Variation による便益定義の基礎となるものである。

(2) EV と CV による交通便益の定式化^{3), 4)}

1) EV と CV の定義

厚生経済学理論の立場に沿った便益の定義として補償的変差(Compensating Variation; CV)、等価的変差(Equivalent Variation; EV)とが従来用いられてきた。いずれも効用変化の貨幣ターム換算額(所得補償額あるいは支払意思額の形をと

る)であるが、プロジェクトによる環境の変化の前の状況において変化後の効用を達成するための所得補償額であるが、変化後の状況において変化前の効用を維持するための所得補償額であるかによって異なり前者がEV、後者がCVの定義である。いいかえれば、同一の効用を、変化前の状況(価格体系、環境条件)において貨幣換算したものがEV、変化後の状況において貨幣換算したものがCVである。

2) 交通プロジェクトの効用

まず交通プロジェクトの効果を考える。第1に、交通プロジェクトの建設費用は、同一額負担(一括固定税)の税金で負担されるものとして、1人あたりの一括固定税の増分を Δm とする。これは(1)式の一般的定式化では $\bar{x}$ の変化として表現できる。第2に、交通プロジェクトは、交通に要する i 財投入量の削減($\Delta \alpha_i$)により、交通利用者に交通価格の低下をもたらす、さらに交通利用時間の短縮(Δt)をもたらす。第3に、業務交通にも時間節約($\Delta \ell$)をもたらす、生産性が向上するという効果をもたらす。第4に直接、間接を問わず環境質の変化 ΔQ をもたらす。これらの4つの直接的インパクトは相まって市場メカニズムを通して交通価格も含めた価格体系全体を変化させる($\Delta p, \Delta p\bar{x}$)ことにより家計の効用に変化をもたらす。

以上の効果の発現形態のうち、EV尺度の前提となる家計の効用においては、 $\Delta \ell$ は陽には現われない。この影響は獲得する所得を介して現われるものである。したがって交通プロジェクトの効果の帰着は、結局、個人の広義の環境(1)におけるパラメータ)の値 $p, t, p\bar{x}, Q$ の変化として表現することができる。

3) CVとEVによる効果の定式化

ある交通プロジェクト以前のパラメータの値が $p^0, t^0, p\bar{x}^0, Q^0$ であったものが、このプロジェクトによって $p^1, t^1, p\bar{x}^1, Q^1$ に変化したものとする。この変化によって、(1)式で示されている個人の最適行動は x^0 から x^1 に変化し、したがって、達成可能な効用レベルが v^0 から v^1 に変化したものとする。

このとき、個人の純便益の2つの尺度EV, CVを定義通りに定式化すると次式を満足するEV, CVが、その評価値となる。

$$v(p^0, t^0, p\bar{x}^0 + EV, Q^0, T) = v^1 \quad (6.a)$$

$$v(p^1, t^1, p\bar{x}^1 - CV, Q^1, T) = v^0 \quad (6.b)$$

ただし、

$$v^1 = v(p^1, t^1, p\bar{x}^1, Q^1, T) \quad (7.a)$$

$$v^0 = v(p^0, t^0, p\bar{x}^0, Q^0, T) \quad (7.b)$$

この(6)式がEV, CVの定義通りであることは次のように説明することができる。まず(6.a)のEVについては、右辺は変化後の効用水準を示し、左辺の個人の環境は変化前の状態であるから、対象とする変化をあきらめている。この変化をあきらめても、もしEVなる補償があれば、変化後の効用を維持することができることを示している。したがって、EVは、変化後の効用 v^1 を維持するという条件のもとで変化をあきらめるために個人が必要とすると考える最小補償額を示している。次に(6.b)式で定義されているCVについても全く同様に、変化前の効用 v^0 を維持するという条件のもとで、個人が変化後の状態を獲得するために支払うに値すると考える最大支払意思額を示している。

(3) EVの効用関数としての性質^{3),4)}

(2)の(6)式におけるEVの定式化により、時間と環境財を組み込んだEVも効用関数とみなすことができることが明らかである。まずEVが効用関数の単調変換であることは、(6.a)式からただちにわかる。すなわち、(6.a)式においてスーパーSCRIPT 0のついているパラメータは、プロジェクトによって変化しない。変化するのは、達成可能な効用レベル v^1 のみである。一方、CVについては効用関数の単調変換とはいえない。なぜならば、(6.b)式の左辺の第3項 $p^1\bar{x}^1$ は $e(p^1, x^1, Q^1, T, v^1)$ に等しいのでCVは v^1 の関数であるが、同時に p^1, t^1, Q^1 の関数でもあるから、 v^1 の“単調変換”ではない。たしかに、EVの場合とは逆に、基準を変化後 v^1 として、 v^0 の関数とみなしたときには、CVは v^0 の単調変換である。しかし、プロジェクトが2つ以上ある場合の効用変化の大きさを比較するときには、 v^1 と v^0 、 v^2 と v^0 を比較するわけであるから、CVを効用として用いることができなくなる。一方EVの場合には、複数個のプロジェクトの比較に対しても単調性が保存されている。

以上のことにより2で示した、市場財におけるEV評価の根拠の第1のことが時間と環境財の存在する交通経済の世界でも成立することが明らかである。すなわち、(6.a)式で定義されるEVは、効用関数の単調変換、すなわち効用関数であり、したがって潜在バレート基準の代理指標として $\Sigma EV > 0$ 基準

(EVの値をすべての家計について集計した $\sum EV$ が正の時プロジェクトを実行する)を設定することができる。市場財におけるEV評価の根拠の第2が、時間財、環境財を組み込んだEVについても同様に成立することは次の(4)の測定可能性に関連して明らかにする。

(4) EVの測定可能性^{4),5)}

ここでは、時間財および環境財を組み込んだEVが、個人の市場で顕在化した行動の数学的表現である需要関数を用いて測定することが可能であることを示す。このため、(6.a)のEVの定義にもどりこれに(7.a)式および $p^0\bar{x}^0 = e(p^0, t^0, Q^0, T, v^0)$ であることを適用すれば、次式が得られる。

$$EV = e(p^0, t^0, Q^0, T, v(p^1, t^1, p^1\bar{x}^1, Q^1, T)) - e(p^0, t^0, Q^0, T, v(p^0, t^0, p^0\bar{x}^0, Q^0, T)) \quad (8)$$

(8)式の $e(\cdot)$ の最初の4つの変数 p^0, t^0, Q^0, T は固定しているパラメータとみなし、 $v(\cdot)$ の内の $p, t, p\bar{x}, Q$ を変数とみなしたとき(8)式の右辺は、(9)式に示すように $v(\cdot)$ の中の変数 $(p, x, p\bar{x}, Q)$ に関して、点 $(p^0, t^0, p^0\bar{x}^0, Q)$ のまわりにテイラー展開したものと考えることができる。

$$EV = e_p^0 \cdot dp + e_t^0 \cdot dt + e_y^0 dy + e_Q^0 \cdot dQ + \frac{1}{2} \{ e_{pp}^0 \cdot dp^2 + e_{tt}^0 \cdot dt^2 + e_{yy}^0 \cdot dy^2 + e_{QQ}^0 \cdot dQ^2 \} + e_{pt}^0 \cdot dpdt + e_{py}^0 \cdot dpdy + e_{pQ}^0 \cdot dpdQ + e_{ty}^0 \cdot dtdy + e_{tQ}^0 \cdot dtdQ + e_{yQ}^0 \cdot dydQ + \dots \quad (9)$$

ここに、右下のサブスクリプトをつけた変数は、サブスクリプトに関する微係数ベクトルを示し、右肩のスーパーサブスクリプト0は点 (p^0, t^0, y^0, Q^0) での評価値を示す。また、 $y = p\bar{x}$ としている。さらに、 $dp = p^1 - p^0, dt = t^1 - t^0, dy = y^1 - y^0, dQ = Q^1 - Q^0$ である。

(9)式を変形していくために、まず、次の恒等式に着目する。

$$e(p^0, t^0, Q^0, T, v(p^0, t^0, y^0, Q^0, T)) \equiv y \quad (10)$$

両辺を y で微分すると、

$$e_y^0(y) = 1, e_{yy}^0(y) = 0, \quad (11)$$

つきに、(1)式に包絡定理(Envelope Theorem)を適用すると⁶⁾

$$e_p = e_v \cdot v_p = -e_v \cdot v_y \cdot x = -e_y \cdot x \quad (12a)$$

$$e_t = e_v \cdot v_t = -e_v \cdot v_T \cdot x = -e_T \cdot x \quad (12b)$$

$$e_{py} = -e_{yy} \cdot x - e_y \cdot x_y \quad (12c)$$

$$e_{ty} = -e_{Ty} \cdot x - e_T \cdot x_y \quad (12d)$$

$$e_{pp} = -e_{yp} \cdot x - e_y \cdot x_p = e_{yy} \cdot x^2 + e_y \cdot x_y \cdot x - e_y \cdot x_p \quad (12e)$$

$$e_{tt} = -e_{Tt} \cdot x - e_T \cdot x_t \quad (12f)$$

$$e_{pt} = -e_{yt} \cdot x - e_y \cdot x_t = e_{Ty} \cdot x^2 + e_T x_y \cdot x - e_y \cdot x_t \quad (12g)$$

12式を点 (p^0, t^0, y^0, Q^0, T) で評価すると11式より

$$\left. \begin{aligned} e_p^0 &= -x^0, e_t^0 = -e_T^0 \cdot x^0, e_y^0 = 1, e_{pp}^0 = -x_p^0 \\ &+ x^0 x_y^0, e_{tt}^0 = -e_T^0 \cdot x^0 - e_T^0 \cdot x^0, e_{yy}^0 = 0, \\ e_{pt}^0 &= e_{Ty}^0 \cdot (x^0)^2 + e_T \cdot x_y^0 \cdot x^0 - x_t^0, e_{py}^0 = \\ &- x_y^0, e_{ty}^0 = -e_{Ty}^0 \cdot x^0 - e_T^0 \cdot x_y^0, \end{aligned} \right\} \quad (13)$$

となり、13式を(9)式に代入すると、次の14式を得る。

$$EV = -x^0 \cdot dp - e_T^0 \cdot x^0 \cdot dt + dy + e_Q^0 \cdot dQ + \frac{1}{2} \{ (-x_p^0 + x^0 \cdot x_y^0) dp^2 + (-e_T^0 \cdot x^0 - e_T^0 \cdot x^0) \cdot dt^2 + e_{QQ}^0 \cdot dQ^2 \} + \{ e_{Ty}^0 \cdot (x^0)^2 + e_T \cdot x_y^0 x^0 - x_t^0 \} \cdot dpdt - x_y^0 \cdot dpdy - (e_{Ty}^0 \cdot x^0 + e_T \cdot x_y^0) \cdot dtdy + e_{Qt}^0 \cdot dtdQ + e_{Qy}^0 \cdot dydQ + \dots \quad (14)$$

14式のうちで、 x およびその導関数は、市場の個人の行動より論理的には観測可能である⁷⁾。また e_T^0 は変化前の限界時間価値⁸⁾⁹⁾、 e_Q^0 は環境財に対する変化前の限界価値であり¹⁰⁾¹¹⁾、これらの測定方法には種々の方法が提案されている。したがって、時間価値と環境財の価値の測定を行いかつ、私的財に対する需要関数を知れば、EVが測定可能であることが明らかである。なお14は2次項まではテイラー展開にもとづいたものであるが3次以降についても全く同様に展開可能である。したがって、EVは必要に応じていくらかでも正確に測定することができる。

4. 計測の簡便化

本研究では、3.において定式化された時間財および環境財を含む便益定義式に、さらに、一般均衡的考慮を加えることにより、具体的計測の簡便化を行うものである。

(1) 理論的便益式の実際の適用

3.で結論された便益の定義式は理論的には、市場において観測可能であることが明らかにされた。しかしながら便益の実際の計測という観点からは、テイラーの近似式の多次数にわたる観察は不可能であり、ここでは簡便化という目的から理論便益式の中の一次形の部分をとりあげる。

すなわち、

$$\begin{aligned}
 DB_1 &= -x^0 \cdot dp - e_T^0 \cdot x^0 \cdot dt + dy + e_Q^0 \cdot dQ \\
 DB_2 &= +\frac{1}{2} \{ e_{pp}^0 \cdot dp^2 + e_{tt}^0 \cdot dt^2 + e_{yy}^0 \cdot dy^2 + \\
 &\quad + e_{QQ}^0 \cdot dQ^2 \} \\
 &\quad + e_{pt}^0 \cdot dpdt + e_{py}^0 \cdot dpdy + e_{pq}^0 \cdot dpdQ \\
 &\quad + e_{ty}^0 \cdot dt dy + e_{tQ}^0 \cdot dt dQ + e_{yQ}^0 \cdot dy dQ \\
 &\quad + \dots \dots \dots \quad (15)
 \end{aligned}$$

とすると、

$$EV \equiv DB_1 \quad (16)$$

とおくことのできる状況を考える。この状況としては、

①外部環境の変化、 dt, dQ 等が非常に小さく、 $(dp)^2, (dQ)^2, (dt)^2, (dp \cdot dQ)$, 等がゼロとみなされる場合。

②概略的な効果を見る場合。

などが考えられる。

EVの DB_1 でのおきかえが、概略的であるという条件において許されるのは、第1に従来の費用便益評価においては「直接効果」としてこの部分を用いてきたこと、第2に近年の研究において、EVの全体のうち約80%程度が DB_1 によって説明されるという実証的研究例¹²⁾もあることによっている。

(2) 計測項目の抽出

ここで $EV = DB_1$ と近似した場合に実際の交通便益の計測上、結局何を測れば良いのかを議論する。

このため、 DB_1 を構成する変化要因の重複性の整理を、一般均衡体系の考慮のもとに行い、その結果として結論されることによりネット（純）の変化要因を抽出する。結論的には、直接的交通費用、生産活動面および家計行動面における時間短縮、環境変化が抽出される。

まず DB_1 を構成する変化要因は、 dp, dt, dy, dQ であるが、これらの要因は、何らかのインパクトを受けて均衡状態が変化した場合のそれぞれの動きであり全てが相互に独立ではない。したがって計測方法の検討のためには、これらの変数についての整理、すなわち独立な変数によって便益式が構成されることがぞましい。

いま、これらの変数についての関連は、すでに3章に述べたことであるが、交通施設の改善による直接的インパクト $\Delta \alpha i$ （単位交通利用あたりに費す i 財の量の減少）、 Δt （家計交通所要時間の短縮）、 $\Delta \ell$ （業務交通所要時間の短縮）、 ΔQ （環境状態

の変化）を独立的な変化要因として、これらのインパクトの均衡調整の結果として DB_1 を構成する要因が変化するという図式があてはまる（図-1）。帰着結果としての均衡価格の変化 ΔP を、下記の整理のために、交通サービス価格 ΔP_T （ $\Delta \alpha i$ の影響に間接的な一般財価格変化の影響も加わったもの）、労働財価格（賃金）変化（ Δw ）、およびその他一般財価格変化 ΔP_G に分ける。

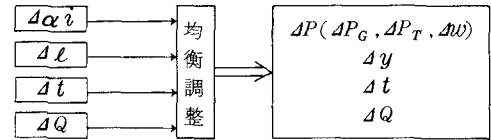


図-1 直接インパクトと帰着

また、 x, P を、交通サービス（ x_T ）、労働サービス財（ t_w ）、その他の一般財（ x_G ）に区別し、対応する価格をそれぞれ P_T, w, P_G とすると(15)の DB_1 は次式で表わすことができる。

$$\begin{aligned}
 DB_1 &= x_G \cdot dP_G - x_T \cdot dP_T - e_T \cdot x_T \cdot dt \\
 &\quad + dy + e_Q \cdot dQ + t_w \cdot dw \quad (17)
 \end{aligned}$$

この時、誘発される一般財の価格変化 dP_G および、いわゆる、所得の変化（ $dy + t_w \cdot dw$ ）すなわち市場的变化の部分の DB_1 への影響は、結局 $-x_T \cdot P_T$ に等しくなる。すなわち第2章での結論と同じように、市場（貨幣的）的波及は相殺しあい、直接的な交通費用低下の効果のみとなる。このことは以下のように導かれる。

まず、(2a)の間接利潤関数は、収穫一定を仮定する限り常にゼロの値となる¹³⁾。

すなわち、

$$\pi_i^* \equiv 0 \quad (18)$$

である。また、この利潤の変分は π_i^* がすでに最適化されたものであるので

$$d\pi_i^* = X_i \cdot dP_i - K_i \cdot dr - W_i \cdot dw + \pi_\ell \cdot d\ell \quad (19)$$

と書くことができる。 $d\pi_i^*$ はやはりゼロであるので、

$$X_i \cdot dP_i + \pi_\ell \cdot d\ell = W_i \cdot dw + K_i \cdot dr \quad (20)$$

ここに X_i, W_i, K_i はそれぞれ i 財の生産量、その生産に関する雇用全体量、および投下する資本の合計である。

ここで i 財の需給について、 x_T の交通は $\alpha_i \cdot x_T$ だけの i 財を消費すること、またどの家計も均一であることを仮定することにより、

$$X_i = L \cdot (x_i + \alpha_i x_T) \quad (21)$$

すなわち i 財の供給（生産）量と単位家計の需要（交通の消費 $\alpha_i x_T$ と交通以外の消費 x_i ）に家計数を乗じた総需要に等しい。この関係を(20)に代入することにより

$$L \cdot (x_i + \alpha_i x_T) \cdot dp_i + \pi_{\ell} \cdot d\ell = K_i \cdot d_r + W_i \cdot dw \quad (22)$$

となる。

再びどの家計も均一である仮定により $\Sigma K_i / L = K$, $\Sigma W_i / L = t_w$ であるので、(22)式を財全体について合計することにより、

$$\Sigma (x_i + \alpha_i x_T) dp_i + \Sigma (\pi_{\ell} / L) d\ell = K \cdot d_r + t_w \cdot dw \quad (23)$$

を得る。(23)式より、(17)式の市場的变化の一部である次式を導くことができる。

$$\begin{aligned} \therefore -x_G \cdot dP_G + d_y + t_w dw \\ = (\Sigma \alpha_i dp_i) \cdot x_T + (\Sigma \pi_{\ell} / L) d\ell \end{aligned} \quad (24)$$

残りの市場的变化 $-x_T \cdot dP_T$ については以下のように加えることができる。交通費用は価格 P_i の i 財を α_i 単位ずつ消費するので、

$$P_T = \Sigma \alpha_i P_i \quad (25)$$

である。したがって、その変分は次式である。

$$dP_T = \Sigma (\alpha_i dp_i + P_i d\alpha_i) \quad (26)$$

したがって、市場的（貨幣的）変化の全体としては(24)に(26)からの dP_T を用いた $-x_T \cdot dP_T$ を加えることにより次式で表わすことができる。

$$\begin{aligned} -x_G \cdot dP_G - x_T \cdot dP_T + d_y + t_w \cdot dw \\ = -x_T \cdot \Sigma P_i \cdot d\alpha_i + \Sigma (\pi_{\ell} / L) d\ell \end{aligned} \quad (27)$$

(27)式は交通便益 DB_1 のうちの市場的評価の部分、交通費用係数 (α_i) の低下にもとづく直接的費用の低下 $\Sigma P_i d\alpha_i$ による効果 $-x_T \cdot \Sigma P_i d\alpha_i$ と生産側面から生じる利潤向上分 $\Sigma (\pi_{\ell} / L) \cdot d\ell$ とに帰着させることができることを示している。したがって DB_1 の最終形は、

$$\begin{aligned} DB_1 = -x_T \cdot (\Sigma P_i \cdot d\alpha_i) - e_T x_T \cdot dt \\ + e_Q dQ + \Sigma (\pi_{\ell} / L) d\ell \end{aligned} \quad (28)$$

となり、それぞれの項目を計測して合計すれば、二重計測はないことがわかる。

以上により、市場変化については、交通費用の直接低下分および企業における労働生産性の向上分、

非市場財については家計における時間価値および環境変化の価値を測定すればよいということになる。

5. 結 論

本研究においては、交通施設投資の評価にあたって、従来の費用便益理論の枠組を拡張して、交通施設投資のもたらす外部財（環境財、時間財）の評価手法の検討および、これらの財を含む便益計測の簡便化を試みた。ここで得られた結論は下記のものである。

①費用便益理論における便益の定義方法のひとつである等価的変差（Equivalent Variation: EV尺度）は市場財の評価について厚生経済学的に理論づけされたものであるが、このEV尺度が非市場財（外部財）としての効果が含まれる交通施設便益の評価方法としても適用可能である。

②EV尺度によって定義された、外部財を含む交通施設便益は計測が可能である。これは、EVがプロジェクトによる変化前の交通需要曲線、限界時間価値、環境にたいする限界評価値に関する情報によって構成されているために、変化前の、すなわち現在の市場データが利用できるということによっている。限界時間価値 e_T は、労働時間の選択が自由という条件のもとであれば市場の賃金率に一致し⁵⁾、また交通施設の利用者のもっている効用関数が特定の形であるという条件のもとで、機関分担の結果から得られる時間にたいする価値づけに一致することが証明されている⁸⁾。また環境にたいする時間評価値 e_Q については、資産価値の市場均衡値から支払対価を得る方法、一対比較法によるアンケートから環境要因を含んだ効用関数を推定する方法などによって知ることができる⁵⁾。

③交通施設整備の諸インパクトの中で市場的变化は正と負が社会全体では相殺されてゼロとなる。この結果、結局評価計測すべきは、変化前の価格体系、均衡値体系を用いた、交通費用の低下（事前の交通量 $(x_T) \times$ 交通投入係数低下による交通価格低下 $(\Sigma P_i \cdot d\alpha_i)$ ）、企業活動で業務旅客に生じた時間節約 $(f \cdot d\ell)$ による生産上昇 $(-f \cdot d\ell \cdot f_E)$ 、家計に生じた時間価値 $(e_T \cdot x_T \cdot dt)$ 、環境価値 $(e_Q \cdot dQ)$ である。

参 考 文 献

- 1) McKenzie, G. W. and I. F. Pearce(1982), Welfare measurements synthesis, American Economic Review, Vol.72, No.4, pp669-682.
- 2) McKenzie, G. W. (1983), Measuring Economic Welfare : New Methods, Cambridge University Press.
- 3) Maler, K. G. (1974), Environment Economics : A Theoretical Inquiry, Johns Hopkins University, Press, pp125-148.
- 4) 森杉寿芳(1984)：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, pp17-26.
- 5) 吉田哲生(1985)：交通施設の統合的評価手法に関する研究，京都大学学位論文
- 6) Varian, H. R. (1978), Microeconomic Analysis, Norton and Company.
- 7) Deaton, A (1981), Essays in the Theory and Measurement of Consumer Behaviour, Cambridge University Press.
- 8) Bruzelius, N. (1979), The Value of Travel Time, Croom Helm London.
- 9) 河野博忠(1974)：時間便益の理論と計測，高速道路と自動車，Vol.17, No.1, pp21-29.
- 10) Freeman, A. M. (1979), The Benefits of Environmental Improvement—Theory and Practice —, Johns Hopkins University press.
- 11) Kohno, H. and M. Yoshida (1981), The Theory and Measurement of the Marginal Rate of Valuation of a Public Nuisance, Raper of the Regional Science Association, Vol.46, pp.45-59.
- 12) 山田芳久(1985)：時間価値を用いた交通プロジェクト評価手法の研究，岐阜大学修士論文