

交通プロジェクトにおける時間便益評価* — 簡便化手法の実用化と精度の検討 —

Time-saving Benefit Evaluation for Transport Projects

— A Simple Practical Method and Its Accuracy —

森杉 壽芳**・林山 泰久***・小島 信二****

By Hisayoshi MORISUGI, Yasuhisa HAYASHIYAMA and Shinji KOJIMA

This study proposes a simple practical method to evaluate the time-saving benefit of a transportation project. Evaluation theory have been developed by using the concept of the "Equivalent Variation". This study, first, establishes a rigorous definition of the time-saving benefit based on EV. Second, through our "short-cut measurement method" it is shown that this theoretical concept of benefit can be expressed by the Marshallian transport demand function and post-improvement equilibrium prices. Finally, by using time series data from 1965 to 1980, this paper discusses its applicability by the case study on the time-saving benefit of a transport network formation.

1. はじめに

本研究は、交通プロジェクトによる時間節約の直接効果のみならず間接効果をも考慮した簡便な実用的便益評価手法を提案するものである。

現在、F.Sなどの交通プロジェクト評価に適用されている便益評価は、いわゆる消費者余剰分析であるが、この手法に関しては間接効果(例えば、一般物価の低下や所得の上昇など)の考慮がされていないと批判されている。一方、このような批判に答えるべく最近の厚生経済学では、等価的偏差EV(Equivalent Variation、以下EVと略す。)による便益評価理論が展開されている¹⁾。確かにこの分野では、消費者行動、生産活動および市場均衡などの理論を用いて一般均衡分析が適用されているために、理論的にはすべての間接効果が考慮されている。しかし、この理論を実際の

プロジェクトに適用するには効用関数、および生産関数の特定化と一般均衡式(通常、連立非線形方程式となる)を解かねばならないという困難な作業がつきまとう。本研究の目的は、この両者の問題を解決する手法を確立することにある。すなわち、理論的には一般均衡分析による間接効果をも考慮し、しかも交通市場に着目した消費者余剰分析という形式を保った簡便な手法を提案することにある。

この分野に関する研究は数多くみられ、Williamsは、複数の交通機関が存在する場合の交通利用者便益をそれぞれの交通機関の消費者余剰の和として定義し、さらに、それが通常の教科書で示されている台形の面積式に近似されることを示した。また、交通需要モデルと便益測定との整合性にも言及している²⁾。しかし、この研究では、便益の定義そのものがあいまいであり、また、プロジェクトによる直接効果は計測できるものの、間接効果に対しては考慮されていない。この問題を解決すべく、森杉・大島は、便益をEVにより定義し、生産、福祉両面への効果を生産関数および効用関数により表現するという、一般均衡分析を用いた交通

* キーワーズ：交通プロジェクト、時間便益

** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部建設工学科

*** 学生会員 岐阜大学大学院工学研究科

(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

**** 正会員 (株)ポリテクニクコンサルタンツ

プロジェクト評価手法を提案している³³⁾。しかし一般に、生産関数、および効用関数を知ることが極めて困難であるという問題を抱えている。これに対して肥田野・中村らは、交通プロジェクトによる効果の帰着先である資産価値に着目し、その変化分によりその効果を測定することを提案している³⁴⁾。これは、便益の帰着先を知ることができるという意味において、有効であるが、地価による便益測定が可能となるのは当該地域がsmall-openであるという条件のもとで成立するものであるため、この地域のsmall-openの程度をどのようにチェックするかという大きな問題が残されている。また、既存の市場財についての評価理論である厚生経済学アプローチを拡張し³⁵⁾、吉田・森杉は時間や環境などの非市場財についても、E Vの第一次近似を用いた統一的便益計測が可能であることを示した³⁶⁾。しかし、これは現段階では理論分析に留どっており、その実用性についての検討がなされていない。

そこで本研究は交通プロジェクトによる効果の帰着先を明示するとともに、厚生経済学的根拠に基づいた時間便益をE Vにより定義し、E Vの第二次近似を用い、かつ、この定義に沿った便益を交通需要関数のみで表現するというショートカット理論により測定することを提案し、同時に、既存の便益測定法の限界性を指摘することを第1の目的とする。さらに、戦後の幹線交通網形成の便益評価を対象とする事例研究を通して実証分析を行ない、その有用性を示すことを第2の目的とする。

2. 社会経済モデル

本研究において提案する簡便な交通プロジェクト評価モデルが依拠する理論は一般均衡分析である³⁷⁾。

(1) 社会経済モデルの仮定

ここでは、間接効果をも測定し得るショートカット公式である(23)式を導くために、非現実的ではあるがモデルを簡単に表現する目的で以下の仮定を設定する。なお、仮定を緩めた場合についても導出されるショートカット公式が変わらないことは5.(2)で考察する。

- ①社会は、世帯、私企業、幹線(新幹線、高速道路、および航空)交通部門から構成される。
- ②社会で生産・消費される財は、価格1の合成財、幹線交通サービス(新幹線、高速道路、航空)、在来交通サービス(国鉄在来線、および一般国道)のみとする。
- ③世帯は、すべて同一の効用関数と所得を持っているものとする。また、幹線の有無にかかわらず世帯数は一定であるものとする。

④私企業はすべて同一の生産関数を有する。

⑤幹線交通需要者が購入する交通サービスは旅客サービスのみであり、貨物輸送サービスは購入しない。

⑥幹線交通サービスと在来交通サービスとの間には完全代替性があるものとする。すなわち、幹線が無い場合には、幹線需要者は在来交通サービスを利用するか、あるいは、交通行動そのものをあきらめるものとする。また、幹線交通網と在来線交通網の路線延長は等しいものと仮定する。

⑦社会は長期的均衡状態にあるものとする。

(2) 世帯の行動³⁸⁾

世帯の効用 U は、価格1の合成財消費量 z 、私用交通サービス消費量(縦)ベクトル x 、余暇時間 s 、および交通機関の路線延長(縦)ベクトル k によって表現されるものとする。さらに、世帯は労働を提供し合成財、私用交通量、余暇時間をコントロールし予算制約と時間制約のもとに効用最大化行動をとるものと仮定すると

(1)式のように定式化することができる。

$$\max_{z, x, s, l} U(z, x, s, k) \quad (1.a)$$

$$s.t. \quad z + px - wl + y \quad (1.b)$$

$$s + tx + l = T \quad (1.c)$$

ただし、 $U(\cdot)$:効用関数、 p :交通サービス1単位当たりの価格(横)ベクトル、 w :労働1単位当たりの稼得所得(賃金率)、 l :労働時間、 y :労働以外の所得、 t :1単位の交通サービスを利用したときの所要時間(横)ベクトル、 T :利用可能総時間。

また、ここでのベクトルは3次元であり、1:新幹線、2:高速道路、3:航空を意味する。

さて、世帯にとってのパラメータである p, w, y, l 、および T の値が与えられたとき、(1)式を解くと、合成財需要関数(2.a)式、私用交通需要関数(2.b)式、余暇時間消費関数(2.c)式、および労働供給関数である(2.d)式を得る。

$$z = z(p + wt, w, wT + y, k) \quad (2.a)$$

$$x = x(p + wt, w, wT + y, k) \quad (2.b)$$

$$s = s(p + wt, w, wT + y, k) \quad (2.c)$$

$$l = l(p + wt, w, wT + y, k) \quad (2.d)$$

(2)式を(1.a)式に代入することにより、世帯の達成可能な効用レベル V を示す間接効用関数(Indirect Utility Function)を得る。

$$V(p + wt, w, wT + y, k) \\ \equiv U\{z(p + wt, w, wT + y, k), x(p + wt, w, wT + y, k), \\ s(p + wt, w, wT + y, k), l(p + wt, w, wT + y, k)\} \quad (3)$$

(3) 生産活動

生産活動への交通インパクトによる時間の影響は、

業務交通に要する時間を介して表れるものとする。

また、生産活動については私企業による生産活動と交通部門によるものがある。以下、各々の行動について述べる。

(a) 私企業の行動

私企業は労働と交通サービスの投入により、価格1の合成財を生産し、生産関数制約下での利潤最大化行動を行なうものとする。したがって私企業の行動は(4)式のように定式化される。

$$\pi = \max_{Z, X, L} Z - (pX + wL) \quad (4.a)$$

$$\text{s.t.} \quad Z = F(L - tX, X, k) \quad (4.b)$$

ここに、 π :企業利潤、 Z :価格1の合成財の生産量、 X :交通サービスの業務利用量(縦)ベクトル、 L :雇用労働量、 $F(\cdot)$:生産関数

ただし、固定資産(たとえば土地や工場など)の存在を暗黙的に仮定する。この固定資産への報酬は得られた利潤から分配されるものとする。また(4.b)式における $L - tX$ は実質雇用労働時間を表している。(4)式を解くと、業務交通需要関数(5.a)式、労働需要関数(5.b)式、および合成財供給関数(5.c)式を得る。

$$X = X(p + wt, w, k) \quad (5.a)$$

$$L = L(p + wt, w, t, k) \quad (5.b)$$

$$Z = Z(p + wt, w, k) \quad (5.c)$$

さらに、(5)式を(4)式に代入することにより、達成可能な利潤レベルを示す利潤関数(6)式が得られる。

$$\pi = \pi(p + wt, w, t, k) \quad (6)$$

(b) 交通部門の行動

各交通部門の生産行動は、その収入と支出が等しくなるという独立採算制を仮定する。すなわち、交通需要量ベクトル($Nx + X$)に対応するために、丁度その収入分 $p(Nx + X)$ に相当する交通サービス生産費用ベクトル C として必要とするという仮定である。ゆえに、

$$C = p(Nx + X) \quad (7)$$

ここに、 N :世帯数

なお本仮定は非現実的なものではあるが“ショートカット理論”を誘導する際の手続きを簡単にするために設定した。もし収支に黒字や赤字が生じた場合には、それぞれ補助金または税金を考えればよい。すなわち、労働以外の収入 y の変化とみなせばよい。

(4) 市場均衡

本研究において、社会経済は長期的均衡状態にあるものと仮定している。合成財、労働および収入に関して需要量と供給量が均衡していることになる。すなわち、

$$Nz + \sum C_i = Z \quad (8.a)$$

$$Nl = L \quad (8.b)$$

$$Ny = \pi \quad (8.c)$$

ただし、 C_i は*i*交通部門の交通生産費用を示す。

(8.a)式は合成財に関する均衡条件式であり、合成財生産量 Z は世帯の合成財消費量 Nz と交通サービスの総生産費用 $\sum C_i$ との和に等しいことを示す。

また(8.b)式は労働時間に関する均衡式を表し、(8.c)式は私企業の利潤 π が労働以外の収入 y として世帯に配分されることを意味している。

なお、(8)式において未知数は、 w と y の2つであり、式の数は3つあるが、ワルサスの法則により1つは独立な式ではないため³²⁾、一応、解は唯一存在するものと仮定する。

3. 交通プロジェクトの効果とその帰属³³⁾

(1) 交通プロジェクトの有無比較

次のような政府の政策を考える。(スーパースクリプトA,Bはプロジェクト実行前,実行後の状態を表す。)

①交通費用ベクトルを p^A から p^B に変化させる。

②交通所要時間ベクトルを t^A から t^B に変化させる。

ここで、 $p^A < p^B$, $t^A > t^B$ であるものとし、仮定⑥より路線延長の変化は無いものとする。

この結果、稼得所得が w^A から w^B に変化(増大)する。したがって、世帯の行動が(2)式より (z^A, x^A, s^A, l^A) から (z^B, x^B, s^B, l^B) に変化し、また、私企業の行動が(5)式より (Z^A, X^A, L^A) から (Z^B, X^B, L^B) に変化し、さらに、利潤 π^A が π^B 変化(増大)する。これらの総合効果として達成可能な効用レベルが V^A から V^B に変化(増大)する。

(2) プロジェクト効果の帰属先

私企業の利潤は(8.c)式より、労働以外の収入(地代、資本に対する報酬)として世帯に還元される。また交通部門は独立採算性を仮定している。この部門には効果は帰属しない。したがって、交通プロジェクトが社会全体に与えた効果は、世帯に及ぼした効果を集計したものとなる。ゆえに、以下となる。

$$\text{社会全体の効果} = \sum (V^B - V^A) \quad (9)$$

4. 交通所要時間節約便益(EV)の定義

交通プロジェクトが世帯に与えた効果、すなわち世帯の効用の増加分を貨幣タームで評価したものを世帯の便益(Benefit)という。本研究では、等価的偏差EVなる便益の定義を利用する。ここでいうEVは交通プロジェクト実施という変化があったとき、変化後の効用レベル V^B を維持するという条件のもとに、その

当該変化(p, w, t の変化)を断念するのに必要と世帯が考える最低補償限度額をいう。すなわち、(10)式を満足するEVの値となる。

$$V(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A) = V^B \quad (10.a)$$

$$\text{ただし、} V^B \equiv V(p^B, w^B, t^B, w^B, w^B, T+y^B, k^B) \quad (10.b)$$

ここで、支出関数(Expenditure Function)を導入し(10)式を書き替えると、(11)式となる⁶⁾。

$$EV = e(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A, V^B) - y^A \quad (11)$$

支出関数 $e(\cdot)$ とは、変化前の状態、すなわち交通費用ベクトル p^A 、交通所要時間ベクトル t^A 、賃金率 w^A 、路線延長ベクトル k^A 、および利用可能総時間 T のもとで、変化後の効用レベル V^B を得るのに必要な最小所得を表している。また、

$$y^A = e(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A, V^A) \quad (12.a)$$

$$\text{ただし、} V^A \equiv V(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A) \quad (12.b)$$

なる関係に留意すると

$$EV = e(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A, V^B) - e(p^A, w^A, t^A, w^A, w^A, T+y^A, k^A, V^A) \quad (13)$$

が導かれる。このEVこそ、交通プロジェクトによる時間価値を考慮した世帯の便益、すなわち交通時間節約便益に他ならない。また、社会全体の便益すなわち、社会的便益は(13)式をN倍することにより得られる。

5. EVのショートカット測定理論

(13)式で定義した便益を測定するには、効用関数を知る必要がある。しかし、これらは一般に個人々人毎に異なっているうえ、仮に同一であると仮定しても、その関数形を知ることが極めて困難であるという問題点を抱えている。

ゆえにここでは、交通プロジェクトによる効果が直接現れる交通市場から得ることのできる情報、すなわち交通需要のみから便益を測定するショートカット測定理論について述べ、その理論展開の際使用した仮定について考察する。また既存の実用的便益測定法の妥当性の限界をも指摘する。

(1)EVの展開

(13)式で示したEVを交通需要ベクトル、すなわち私用交通 x と業務交通 X によって表現するため(13)式を線積分で表すと次式のようになる。

$$EV = \oint_{A \rightarrow B} e_y V_p dp + e_y V_t dt + e_y V_y dy + e_y V_w dw \quad (14)$$

ただし、 $\oint$ は線積分を示し、右下のサブスクリプトを付けた変数は微分係数ベクトルを示している。また、 k に関する項が無くなっているのは、仮定⑥により $dk=0$ となっていることによる。

つぎに、ロイの定理(Roy's Theory)および、その簡単

な拡張により得られる⁹⁾、

$$V_p = -V_y x, \quad V_t = -V_y X, \quad V_w = V_y l$$

なる関係を(14)式に代入すると(15)式を得る。

$$EV = \oint_{A \rightarrow B} e_y (-x dp - X dT + dy + l dw) \quad (15)$$

ただし、 $e_y = e_y V_y$

(15)式は、交通プロジェクトの便益の帰着形(Incidence Form)を示している。すなわち、便益はすべて個人に帰属し、(15)式右边第1,2項が価格および所要時間変化による利用者便益を示し、第3項は土地など固定資産の資産価値の増大分を示し、第4項が賃金上昇に伴う所得の増大分を示している。いわゆる、間接効果は第3,4項を示すものと解釈することができる。

次に(15)式第3項および第4項からなる間接効果を交通需要 x および X で表現するために(4)式を全微分して私企業の最適条件 $F_L = w$ を代入し、さらに(8.b)(8.c)式の両辺を微分したものを(15)式に代入すると、次式が得られる。

$$NEV = - \oint_{A \rightarrow B} e_y D(p, w, t) \quad (16)$$

ここで、 $D \equiv N x + X$

(16)式に示すように、NEVは交通需要ベクトル(私用 Nx 、業務 X)と、交通条件の変化の関数(交通費用ベクトル p 、交通所要時間ベクトル t)として表すことができる。このように(15)式と異なり(16)式は交通市場からのみ得られるデータで表現されているので、これを便益の発生形(Origin Form)と名付ける。しかし(16)式には e_y が残っている。この e_y を知るには効用関数を知る必要がある。そこで e_y を知る必要がないような近似式の誘導を試みる。

第1に(16)式は積分経路に依存しないので⁹⁾、状態 (p^A, t^A) から (p^B, t^B) の任意の積分経路を $((p(\sigma), t(\sigma)))$ ただし、 $(0 \leq \sigma \leq 1)$ とすると、

$$NEV = - \int_0^1 e_y D(p(\sigma) + w t(\sigma)) d\sigma \quad (17)$$

となる。ここで、

$$p(\sigma) + w t(\sigma) \equiv (p^B + w t^B) - (p^A + w t^A) \quad (18.a)$$

$$\text{かつ、} p(0) + w t(0) \equiv (p(0), t(0)) = p^A + w t^A \quad (18.b)$$

$$p(1) + w t(1) \equiv (p(1), t(1)) = p^B + w t^B \quad (18.c)$$

が、できるだけ成立するように積分経路 $(p(\sigma), t(\sigma))$ を定めるものとする。このとき、(16)式は次式となる。

$$NEV = - (q^B - q^A) \int_0^1 e_y D d\sigma \quad (19)$$

ただし、 $q = p + w t$

第2に、(19)式を A (交通プロジェクト実行前の状態)のまわりにテイラー展開を行なうと、

$$NEV = (q^A - q^B) \int_0^1 \{ e_y^A D^A + \sigma [e_y^A D^A]_{\sigma} + \frac{1}{2} \sigma^2 [e_y^A D^A]_{\sigma\sigma} + \dots \} d\sigma \quad (20)$$

また、

$$e(p^A + w^A t^A, w^A, w^A T + y, k^A, \\ V(p^A + w^A t^A, w^A, w^A T + y, k^A)) = y \quad \text{for } \forall y \quad (21)$$

なる関係を用いると、 $e_y^A = 1$, $e_{yy}^A = 0$ となり、さらに (20) 式の第3項を無視しうものとする (21) 式は、

$$NEV = (q^A - q^B) \{ D^A + \frac{1}{2} [e_y^A D^A]_\sigma \} \quad (22.a)$$

と変形される。ここで (22.a) 式の第2項に着目する。

$$[e_y^A D^A]_\sigma = e_{\sigma y}^A D^A + e_y^A D_\sigma^A \quad (22.b)$$

(22.b) 式の第2項は、近似的に次式のようなものとなる。

$$e_y^A D_\sigma^A = D_\sigma^A \div D^B - D^A \quad (22.c)$$

次に、(22.b) 式の第1項は、(15) 式から (18) 式に変形したときに用いた関係を利用すると、

$$e_{\sigma y}^A = [e_y v_p^A + e_y v_t^A + e_y v_y^A + e_y v_w^A]_y^A = (q^A - q^B) D \quad (22.d)$$

(22.c) 式、(22.d) 式を (22.b) 式に代入したものをさらに (22.a) 式に代入し、かつ $X_y = 0$ なる事実 (業務交通は、労働以外の所得 y には依存しない。) に注意して整理すると (23) 式が導かれる。

$$NEV = \frac{1}{2} (q^A - q^B) \{ D^A + D^B \} + \frac{1}{2} (q^A - q^B) \cdot D^A (N x_y^A) \quad (23)$$

この (23) 式こそ、私用および業務の交通需要ベクトル $D = N x + X$ で表現された EV の近似式である。

また、(23) 式の第2項を無視すると、 NEV は図-1 における斜線部分の面積で表される。ここに $D(q|A)$ および $D(q|B)$ 交通プロジェクト有無それぞれの場合の需要曲線を表し、点 A, B が有無両者の状態を示す。一方、第2項は、図-1 上では表現しがたい。

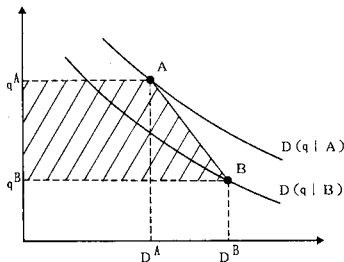


図-1 ショートカット理論(第1項)

(2) 理論展開における仮定についての考察

2. (1) における社会経済モデルの仮定は、(23) 式を簡便に誘導するために設定した。ここで、(23) 式に着目するならば、当式はプロジェクト有無の両状態における一般化費用および需要関数のみによって表現されている。ゆえに、設定した仮定①～⑥を緩めても各ベクトルの次元が変化したり、需要関数内における説明変数が変わるだけでありショートカットの理論展開にはなんら影響は無い。ただし、社会が長期的均衡状

態にあるものとするという仮定⑦については一般均衡分析の大前提であるため緩めることはできない。

また (22.c) 式における近似の仮定は D_σ^A が線形に近ければ成立すると思われる。

(3) 既存の便益測定法との比較検討

既存の便益測定法には2種あると考えられる。第1は、教科書などに図示されている消費者余剰による方法 (これを消費者余剰法と名づける) であり、第2は、実際の F, S で用いられる方法 (これを実用法と名づける) である。以下は、本方法との比較を述べる。

(a) 消費者余剰法との比較

通常の教科書では、図-1 における需要曲線がシフトしない場合、したがって、所得の上昇や物価の低下などの間接効果が無い場合を想定した際の測定法が述べてあり、図-1 における本方法の第1項の計算において $D(q|A) = D(q|B)$ の場合に相当する¹⁰⁾。一方、Williams の論文や最近の交通便益評価に関する教科書では²⁾、(23) 式の第1項のみが述べてあり、しかも想定としては、他交通手段の混雑緩和効果のみを間接効果とみなした理論的妥当性を述べている。結果的には、本方法の第1項と同じ式であるが、さまざまな間接効果が考慮外になっているという弱点を有している。

(b) 実用法¹¹⁾

日本で紹介されている便益評価に関するマニュアルや事例の多くは、上記の (a) よりもかなり後退している。その概要は、交通量を既存、転換および誘発 (開発) に分け、それぞれに既存と転換には一般化費用の減少分を乗じ、誘発分にはその $1/2$ を乗じて合計せよとっている。この考え方は、需要曲線のシフトが無い場合であり、上記 (a) の最も単純な場合を想定している。なお、転換分に費用差を乗じることができるには、転換両者の交通代替案の間に完全代替性が仮定されているとみなし得る。

(c) 既存手法の限界

(23) 式の第1項は理論的背景は異なるが、形式は既存の便益測定法と同じである。ゆえに、以下の条件を満たすならば、既存の便益測定法は EV を第2次項までテーラー展開したときの近似式と等価であることが言える。ここにいう以下の条件とは次の3つである。

① 一般化費用の変化分 $(q^A - q^B)$ が極めて小さい。例えば、実行されたプロジェクトが小さい場合などが、これに相当する。

② 所得の変化による私用交通量の変化 $(N x_y^A)$ が極めて鈍感である。例えば、通勤、通学交通などのような日常交通の場合がそうである。なお、業務交通の場合に

は、その交通量は所得に依存しないので($X_y^A = 0$)とみなすことができる。

③プロジェクト実行前の交通量 D^A が極めて小さい。

以上の3つの条件を満たすならば、従来の便益測定法で十分対応できるわけであるが、観光交通のような非日常交通の場合、所得の変化に対する私用交通量の変化(Nx_y^A)が無視できないことも考えられる。このようなときには(23)式における第2項は無視しえないことになる。ゆえに、理論的には既存の便益測定法には過少評価が生じることとなる。なお、その近似度については、後述の事例研究では上記の③が成立していることを示している。

6. 事例研究¹²⁾

ここでは本研究の第2の目的を果たすために、(23)式を戦後の日本の新幹線、高速道路、および航空整備からなる幹線交通網形成の国民経済的便益測定という事例に適用して、その実用性と近似度を検討する。

したがって、NEVの近似式(23)式は次式となる。

$$NEV = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^3 (q_i^A - q_i^B) \{ (Nx_i + X_i)^A + (Nx_i + X_i)^B \} \\ + \frac{1}{2} \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^3 (q_i^A - q_i^B) (Nx_j)_y (q_j^A - q_j^B) (Nx_i + X_i)^A \quad (24)$$

ただし、 $q_i = p_i + wt_i$ ：一般化費用

$i=1$:新幹線、 $i=2$:高速道路、 $i=3$:航空

(1)EVのショートカット測定手順

幹線交通網形成によるEVを測定する手順を示す。

(手順.1) 幹線交通網形成によるEVを測定するにあたり必要となるデータおよび資料の収集。

(手順.2) 幹線交通需要関数を、新幹線、高速道路、航空について、私用および業務交通に分けて特定化し、パラメータ推定を行ない、それぞれの関数形を知る。

(手順.3) A状態の動労所得(=賃金率)、資産所得(=企業利潤)すなわち w^A, y^A を知るために、これらを交通サービスの関数として特定化しパラメータ推定をする。

(手順.4) ここで、手順2,3より、幹線交通網形成無しの場合の $Nx_i^A, (Nx_i)_y^A, X_i^A$ および q_i^A を計算する。同様に、有りの場合についての Nx_i^B, X_i^B および q_i^B も計算する。

(手順.5) 以上の手順において算出した値を(24)式に代入してEVの計算を行なう。

(2)使用データの作成¹³⁾

本事例研究で取り扱うデータは、昭和39年度(東海道新幹線開通)から、昭和56年度までの18年間の時系列データである。表-1, 2に使用データを示す。

表-1 使用データの作成(幹線交通関係)

使用データ	
新幹線	p_1^B :新幹線営業収入/乗客(円/人・h)、 t_1^B :1/時速180km/h x_1^B :新幹線私用目的乗客数(人・h)、 X_1^B :新幹線業務目的乗客数(人・h) k_1^B :新幹線路線延長(km)
高速道路	p_2^B :燃費・高速道路料金収入/利用台数(円/台・h)、 t_2^B :1/時速80km/h x_2^B :高速道路私用目的利用台数(台・h)、 X_2^B :高速道路業務目的利用台数(台・h) k_2^B :高速道路路線延長(km)
航空	p_3^B :航空営業収入/乗客数(円/人・h)、 t_3^B :1/時速450km/h x_3^B :航空私用目的乗客数(人・h)、 X_3^B :航空業務目的乗客数(人・h) k_3^B :航空営業路線延長(km)

表-2 使用データの作成(在来交通機関と社会経済指標)

使用データ	
鉄道	p_1^A :在来線運賃収入/乗客(円/人・h)、 t_1^A :1/時速80km/h x_1^A :在来線私用目的乗客数(人・h)、 X_1^A :在来線業務目的乗客数(人・h)
国道	p_2^A :燃費、 t_2^A :1/時速25km/h、 x_2^A :一般国道私用目的利用台数(台・h) X_2^A :一般国道業務目的利用台数(台・h)
航空	p_3^A :航空の代替機関無し、 $t_3^A = t_3^B$ (技術革新無し)
経済	w :GNPの内訳の中の雇用者所得/世帯数・年間労働時間 y :GNPの内訳の中の雇用者所得を除いたもの
人口	N :総人口/平均家族構成人口、 T :24*365(時間)
労働	L :12世帯数*1ヶ月1世帯あたりの労働時間(0時間/年・人)

(3)幹線交通需要関数の特定化とパラメータ推定

便益のショートカット測定を行なううえで、需要関数の特定化が最も重要な部分である。さまざまな関数形の推定を行ったが、相関係数、符号条件、 t 値などの判定により、以下のような私用、業務別の特定化を採用した。

(a)新幹線の需要関数の特定化

$$Nx_1 = a_1 + b_1 \left(\frac{y}{p_1 + wt_1} * \frac{k_1}{k_2 + k_3} \right) + c_1 \left(\frac{wT}{p_1 + wt_1} * \frac{1}{k_2 + k_3} \right) \quad (25.a)$$

$$X_1 = A_1 + B_1 \left(\frac{k_1}{p_1 + wt_1} * \frac{p_2 + wt_2}{k_2} * \frac{p_3 + wt_3}{k_3} \right) \quad (25.b)$$

ただし、 a_1, b_1, c_1, A_1, B_1 はパラメータ

(b)高速道路の需要関数の特定化

$$Nx_2 = a_2 + b_2 \left(\frac{y}{p_2 + wt_2} * \frac{k_2}{k_1 + k_3} \right) + c_2 \left(\frac{wT}{p_2 + wt_2} * \frac{1}{k_1 + k_3} \right) \quad (26.a)$$

$$X_2 = A_2 + B_2 \left(\frac{k_1}{p_1 + wt_1} * \frac{k_2}{p_2 + wt_2} * \frac{k_3}{p_3 + wt_3} \right) \quad (26.b)$$

ただし、 a_2, b_2, c_2, A_2, B_2 はパラメータ

(c)航空の需要関数の特定化

$$Nx_3 = a_3 + b_3 \left(\frac{y}{p_3 + wt_3} * \frac{k_3}{k_1 + k_2 + k_3} \right) + c_3 \left(\frac{wT}{p_3 + wt_3} * \frac{k_3}{k_1 + k_2 + k_3} \right) \quad (27.a)$$

$$X_3 = A_3 + B_3 \left(\frac{k_1}{p_1 + wt_1} * \frac{k_2}{p_2 + wt_2} * \frac{k_3}{p_3 + wt_3} \right) \quad (27.b)$$

ただし、 a_3, b_3, c_3, A_3, B_3 はパラメータ

特定化した(25)式から(27)式の需要関数に、前述の時系列データを用いた回帰分析を適用してパラメータ推定を行なった。結果を表-3～5に示す。すべて t 値、相関係数および符号条件に関してまずまずの値を得た。

(4)動労および資産所得関数の特定化と

パラメータ推定

(25)式～(27)式における説明変数である、動労所得(w)、および資産所得(y)の値を知るために、以下の構

造式を考えた。

$$w = a_4 + b_4 \left(\frac{k_1}{p_1 + 1800t_1} + \frac{k_2}{p_2 + 1800t_2} + \frac{1}{p_3 + 1800t_3} \right) \quad (28.a)$$

$$y = a_5 + b_5 \left(\frac{k_1}{p_1 + 1800t_1} + \frac{k_2}{p_2 + 1800t_2} + \frac{1}{p_3 + 1800t_3} \right) \quad (28.b)$$

ここで、 a_4, a_5, b_4, b_5 はパラメータ

上式に、時系列データを代入して回帰分析によってパラメータ推定を行なった。この推定結果を表-6, 7に示す。いずれのt値, 相関係数とも良好な値を得た。

(5) EV の計算および考察

(a) 幹線交通網形成による EV の計算

以上の需要関数(25)式~(27)式、勤労, および資産所得関数(28)式に、A, B両状態の時系列データを代入しEVを(24)式により算出する。なお、無しの場合のpとtの値は在来国鉄, 一般国道, および航空の値を用いた。このEVの計算結果を表-8の第3列に示す。

第1および第2列は(24)式の第1および第2項を示し、第3列は(24)式の値(第1項+第2項)を示す。結果は、第2項は第1項に比べ無視し得るほど小さいことを示している。この理由は所得の微係数 Nx_y が 10^{-4} オーダーと非常に小さいことによる。したがって、本事例では第2項を無視し得ることが判明した。

(b) 一般均衡分析との比較

次に、2. および3. で述べた仮定のもとで効用関数と生産関数を特定化した一般均衡分析法によるEV(≡EV⁰⁰)と本方法による便益測定結果を比較する。表-8の第4列のEV⁰は、一般均衡分析で用いた以下に示す需要関数を(24)式に代入して計算された便益の値を示す³⁾。

$$Nx_i = \left(\frac{b_i}{B} \right) \frac{k_i (wT + (\pi/N))}{p_i + wt_i} \quad (29.a)$$

ただし、 $B = b_0 + b_1 k_1 + b_2 k_2 + b_3 k_3 + b_4$

$\pi/N = y$ (資産所得)

$$X = \left(\frac{c_i k_i}{p_i + wt_i} \right) Z \quad (29.b)$$

ただし、

$$Z = \left\{ A \left(\frac{c_1 k_1}{p_1 + wt_1} \right) \left(\frac{c_2 k_2}{p_2 + wt_2} \right) \left(\frac{c_3 k_3}{p_3 + wt_3} \right) \left(\frac{c_4}{w} \right) \right\}^J \quad (29.c)$$

$$J = 1 - c_1 k_1 - c_2 k_2 - c_3 k_3 - c_4$$

ここに、A:技術革新を表す変数、 $b_0 \sim b_4, c_1 \sim c_4$ はパラメータを示す。

一方、表-8の第5列(EV⁰⁰)は、一般均衡分析結果を示す。また、両者の比較を図-2に示す。

EV⁰とEV⁰⁰の値の相違は、EV⁰⁰を基準として最大約20%であり、両者は比較的良好一致している。事実相関係数は0.99である。効用関数と生産関数の特定化によりEV⁰⁰の値も大きく変化するので、必ずしもEV⁰⁰が真実を示すとはかぎらないが、一応EV⁰⁰

表-3 需要関数のパラメータ推定結果(新幹線)

	パラメータの値	t値	相関係数
私用	a_1 b_1 c_1	2.228×10^{10} 892.1 -1.278×10^{15}	20.10 3.794 -2.338
業務	A_1 B_1	1.289×10^{10} -1.790×10^{15}	-18.04 -6.616
			0.8932 0.8558

表-4 需要関数のパラメータ推定結果(高速道路)

	パラメータの値	t値	相関係数
私用	a_2 b_2 c_2	7.639×10^9 349.8 -1.290×10^{15}	42.96 9.896 -3.647
業務	A_2 B_2	1.528×10^9 0.4051	19.71 14.61
			0.9645

表-5 需要関数のパラメータ推定結果(航空)

	パラメータの値	t値	相関係数
私用	a_3 b_3 c_3	1.911×10^9 2.443×10^{-3} 2.849×10^9	69.48 7.852 3.370
業務	A_3 B_3	2.075×10^9 0.3649	23.08 14.79
			0.9653

表-6 勤労所得wのパラメータ推定結果

	パラメータの値	t値	相関係数
a_4	711.3	38.634	0.921579
b_4	23.5	9.4981	

表-7 資産所得yのパラメータ推定結果

	パラメータの値	t値	相関係数
a_5	1.106×10^{13}	55.56	0.9907
b_5	8.556×10^9	29.11	

表-8 EVの計算結果

年	第1項	第2項	EV	EV ⁰	EV ⁰⁰
39	1.17E+11	1.02E+09	1.18E+11	4.23E+10	6.98E+10
40	1.43E+11	1.02E+09	1.44E+11	6.13E+10	9.48E+10
41	1.71E+11	1.00E+09	1.72E+11	8.40E+10	1.19E+11
42	1.88E+11	1.03E+09	1.89E+11	1.16E+11	1.56E+11
43	3.01E+11	1.05E+09	3.02E+11	1.70E+11	2.33E+11
44	3.25E+11	3.00E+08	3.25E+11	1.90E+11	2.64E+11
45	3.52E+11	3.00E+08	3.53E+11	2.33E+11	3.13E+11
46	3.35E+11	4.00E+07	3.86E+11	2.92E+11	3.78E+11
47	4.81E+11	5.00E+07	4.82E+11	4.46E+11	5.59E+11
48	5.72E+11	9.10E+08	5.73E+11	5.82E+11	7.18E+11
49	6.73E+11	6.12E+08	6.74E+11	7.52E+11	8.94E+11
50	9.32E+11	3.72E+09	9.34E+11	1.12E+12	1.35E+12
51	1.00E+12	2.12E+06	1.00E+12	1.15E+12	1.40E+12
52	1.08E+12	9.07E+08	1.09E+12	1.17E+12	1.46E+12
53	1.22E+12	1.03E+09	1.23E+12	1.29E+12	1.60E+12
54	1.25E+12	1.01E+09	1.26E+12	1.32E+12	1.65E+12
55	1.36E+12	2.13E+09	1.37E+12	1.45E+12	1.81E+12
56	1.43E+12	2.03E+08	1.43E+12	1.53E+12	1.91E+12

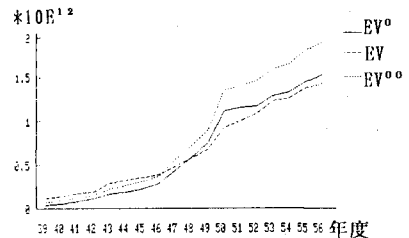


図-2 結果比較

を真実の値と想定して比較しても、十分な近似であるといえる。なお、参考のため本研究結果であるEVとEV⁰⁰との比較においても最大誤差が約25%であった。

(3)算出されたEVに対する一考察

(29)式を細分化し各項ごとにEVの計算(各項の符号のチェック)を行なったところ、符号が負になった項が5つあった。いずれも、航空の一般化費用($q^A - q^B$)が負になっていることに原因があり5つの項のなかでは、

$$\frac{1}{2}(q^A - q^B)\{(Nx_3 + X_3)^A + (Nx_3 + X_3)^B\}$$

なる項の絶対値が最も大きい。 $(q^A - q^B)$ が負になる理由は、新幹線および高速道路は賃金率 w が、すなわち時間価値を上昇させるためである。したがって、ある交通整備がなされると交通整備の行なわれていない既存の交通施設は、社会に対して負の便益をもたらす(EVの合計値を減少させる要因となる)。すなわち、社会に対して損害を与えることになるという結論となる。

7. まとめ

本研究では、“消費者余剰の概念”を用いた既存の交通時間節約便益測定法の限界性を指摘し、需要関数のみから測定するというショートカット測定法を提案した。また、幹線交通網形成という交通プロジェクトに適用して、その実用性を示した。その結果、以下のことを得た。

- ①本提案のショートカット測定法は、一方では厳密な便益の厚生経済学的定義であるEVの一般均衡論的性質を利用して間接効果を考慮し、他方では交通需要のみを用いて交通所要時間を簡単に測定することが可能である方法である。
- ②提案した測定手法は、既存の手法と同じ形式をしている項に加えて、所得の影響を含む項の和で近似できることを示した。((24)式参照。)
- ③所得の影響を含む第2項は、実用上無視してさしつかえない。
- ④②、③の結果、本方法は既存の方法と同じ形式となるが、その理論的背景は間接効果をも含むものである。
- ⑤実際の測定にあっては、とにかくプロジェクト有無両場合の需要量と一般化費用、および他物価と所得に関するものがあればよく、どんな効果をも簡単に含めることができる。
- ⑥したがって、需要関数の特定化のみに作業を集中すればよく、効用関数や生産関数の特定化についての配慮をする必要は一切ない。

なお、本研究の対象は交通所要時間節約便益として

いるが、もちろん交通費用の節約などの交通サービスの向上の便益評価にも適用することができる。しかし、交通公害に代表される環境悪化(改善)の被害費用(便益)の評価と幹線収支評価に関しては、本研究の範囲を越える課題として残っている。

また、幹線交通網形成のGNP(=N(w+y))に与える影響を示す(28)式はあまりに大胆すぎる可能性がある。他の技術革新を示す変数の導入などの改良の余地がある。今後の研究課題としたい。

【参考文献】

- 1)Bruzeliuss, N.: The Value of Travel Time, CROOM HELM, 1979
- 2)Williams, H. C. W. L.: Travel Demand Models, Duality Relations and Benefit Analysis, JOURNAL OF REGIONAL SCIENCE, Vol. 16, No. 2, 1976
- 3)森杉壽芳・大島伸弘: 幹線交通網形成の簡便な事後評価モデルの提案, 土木計画学講演集, No. 7, pp. 125~132, 1985. 1
- 4)肥田野登, 中村英夫, 荒津有紀, 長沢一秀: 資産価値に基づいた都市近郊鉄道の整備効果の計測, 土木学会論文集, 第365号/IV-4, pp. 135~144, 1986. 1
- 5)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(WEBV)の提唱—, 日本地域学会地域学研究, No. 14, 1984. 12
- 6)吉田哲生, 森杉壽芳: 等価的変差による交通施設の外財評価方法に関する研究, 土木計画学研究論文集, No. 3, pp. 73~80, 1986. 1
- 7)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
- 8)Varian, H. R.: Microeconomics Analysis, Norton and Company, 1978
- 9)McKENZIE, G.: Measuring economic welfare new method, CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, pp. 13~41
- 10)奥野正寛, 鈴村興太郎: ミクロ経済学 I, 岩波書店
- 11)土木学会編: 建設プロジェクトの分析と評価, 1980
- 12)小島信二: 交通プロジェクトにおける時間節約を考慮したEVのショートカット測定, 岐阜大学学士論文, 1986
- 13)森杉壽芳: 交通施設整備の効果の帰属に関する理論的研究, 科学研究成果報告書, 1984