

プロジェクト評価に関する最近の話題*

Recent Topics on Project Evaluation Theory

森 杉 壽 芳**

By Hisayoshi MORISUGI

1. はじめに

本稿では、交通、土地利用、環境、防災に関するプロジェクトの効果を貨幣タームで計測した便益の統一的概念とその計測方法、ならびにその結果を社会的効率性基準のみならず、公平性の観点からの費用負担のあり方についても示唆が提供できるような社会的公平性基準に応用する方法について述べる。

しかし、上記のテーマは公共投資の効果に関する全ての問題に関係するので、本稿では最近の話題を5つに絞る。一般に、公共投資の目的は“公共福祉の増進”にあるといわれているので、“公共福祉の増進”を国民1人1人の効用の増大で定義し、以下のような問題を提案したい。

第1に、公共投資の産出するサービスは、必ずしも個人の効用を直接増加させるとは限らない。たとえば、業務交通条件の改善は業務の生産性を向上させるが、これは個人の所得増大や労働環境の改善となつてはじめて個人の効用を増大させる。そこで問

題となるのは、個人の効用を増大させる要因は何であり、かつその要因に対して公共投資はいかなるメカニズムを通して影響を与えるかを知る必要がある。本稿では、この公共投資の波及効果といわれている影響が、市場均衡のメカニズムを通じて効用の増大として帰着することを明らかにする。そして、効用を形成する要因としては、①私企業が供給する財の価格と質（所要時間を含む）、②政府の供給するサービスの価格と質（所要時間を含む）と量、③自然環境、④所得、⑤不確実性の5つに分類することを提案する。

第2の話題は、効用の変化分を計測する方法である。効用は心理的満足感を示す尺度であるから、個人ごとに異なるので、その直接的な計測は困難である。一方、その計測は、原則としてあらゆるプロジェクトの効果に対して一般性をもち、かつ公共投資の判断基準である社会的効率性や社会的公平性の判定にも役立つものが望ましい。そこで、効用関数を特定化して効用の変化分を直接計測するのではなく、顕在化した市場での需要供給行動から間接的に計測可能なように金額表示した等価的偏差(equivalent variation、略してEV)で計測する。

* キーワード：プロジェクト評価、費用便益

** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科
(〒501-11/岐阜市柳戸1-1)

このためには、上記第1の話題で示した効果の波及過程を一般均衡理論によって定式化する必要がある。しかし、一般均衡分析をそのまま適用すると、公共投資によって直接間接に影響を受ける全ての財の需要および供給曲線を観察し、かつ生産関数と効用関数を知る必要があるが、これは実際にはほとんど不可能に近い。そこで、価格と所得への波及効果である貨幣的外部効果(pecuniary external effects)については、その公共投資の直接関係している市場(交通プロジェクトの場合は交通市場、防災や土地改良の場合は用地市場)に着目して、需要曲線のシフトを考慮した一般化消費者余剰(generalized consumer's surplus)によって計測できることを示す。なお、公共サービスそのものを利用していないが価格と所得において波及効果を受ける主体を間接の利用者、直接の利用者を一緒にして広義の利用者という。また、広義の利用者便益を交通市場から得られる情報のみで計測する手法をショートカット理論という。

第3の話題は、帰着便益連関表(benefit incidence matrix)の提案である。第2の話題の方法は、もちろん社会的効率性判定に適用することができるが、社会的公平性に対しても適用することができる。すなわち、交通を例にとると、広義の利用者間の便益の帰着問題よりも、むしろ利用者、地主、税負担者、事業者間の便益や不便益の帰着問題となる。地価と税は社会的移転所得であるから、社会的効率性の観点からは全て無視し得るが、社会的公平性の観点からは明示的にその移転関係を表現する必要がある。この移転関係に加えて、便益の発生と帰着を同時に一覧表にしたものが帰着便益連関表である。

第4の話題は、不確実性も含む質向上の便益とその波及である。交通所要時間をはじめ、安全性、快適性、自然環境、レクリエーション施設などの財の質の向上を一般的に計測する方法がある。これら質の改善が均衡価格と所得に及ぼす波及効果は、第

2の話題で提案したショートカット方法で計測することができる。ただし、質変化の便益計測法は、その質を提供するメカニズムが私的財であるか、あるいは公共財であるかによって異なる。たとえば、交通条件の改善によって生じた物流サービス向上のように、そのサービスの質の改善と価格設定が市場メカニズムで決定される場合は、波及効果と全く同様に、交通市場におけるショートカット法によって計測することができる。一方、たとえば交通条件の改善による環境の変化のように公共財として提供され、経済主体が直接その質をコントロールできない場合には、それがプロジェクトの直接的影響でないとしても、波及効果とは異なる取扱いをし、これをショートカット公式に追加して便益を計測する必要があることを示す。

最後の話題である公共財としての質変化の便益計測は、2つの方法で可能である。第1の方法は、質変化を等価な価格変化に変換して、価格変化の消費者余剰の増分を計測する方法である。第2の方法は、質の変化には、利用効果と存在効果の2つが存在することに着目した方法である。すなわち、質の変化の場合には、公園のように、その施設を利用することによって得られる便益と、直接には利用しなくても景観のように存在することによる便益とがある。本稿では、前者を利用効果(便益)、後者を存在効果(便益)とよび、EVの概念を用いて両者を明示的に分離して定義できることを示す。さらに、利用便益は質の改善による需要曲線のシフトによる消費者余剰の増大として計測可能であり、一方、存在便益は特定化した需要関数の背景にある(間接)効用関数を導出することによって計測可能であることを示す。

以上の5つの話題を系統的かつ理論的に述べるために、2.では、効果とその帰着の概念図を示し、3.では、2.で示した概念図を一般均衡分析で定式化する。4.では、便益の定義とその意義を述べ、5.では、交通プロジェクトを例にとって波及効果

を含む広義の利用者便益の計測法を示す。6.では、3.、4.および5.に示したフレームに基づいた帰着便益連関表とその作成法を示す。7.は、外部効果の最も簡単な代替道路の混雑緩和の取扱い方を示したものである。8.は、7.の一般化であり、外部効果の定義とその計測法を展開し、9.で結論を述べる。

2. 効果とその帰着

交通プロジェクトを例にとると、他の公共プロジェクトと同様に、その整備事業期間中に発生する事業効果と、施設の完成後に発生する施設効果からなる。ここでは後者を対象とする。

交通プロジェクトは、交通条件の向上という“直接効果”のみならず、生産性の向上、所得の増大、物価の安定、雇用の拡大などの“波及効果”、および、代替道路上の混雑緩和、集積の利益、騒音・振動、大気汚染、地域分断などの“外部効果”をもたらす。ここでいう“波及効果”とは貨幣的外部効果と同義であり、市場メカニズムを通じて波及していく効果をいう。また、“外部効果”とは市場メカニズムを経由しない影響で、一名技術的外部効果と呼ばれている。

上記の直接、波及、外部効果は、以下に述べるメカニズムを通じて国民社会（あるいは地域社会）を構成する世帯の満足度（効用）の向上という形で帰着する（図-1）¹⁾。すなわち、交通条件の向上は、私用、通勤、通学目的の利用者、すなわち世帯にとっての生活環境を向上させる。

一方、業務目的の利用者である企業にとっては生産性が向上する。その結果、企業間の競争があれば物価が低下し、かつ生産性が向上する。物価の低下は家計の経済環境の向上となるので、家計の効用の増大をもたらす。一方、企業間の価格競争が激しくない場合には、生産性の向上より企業利潤の増大やその企業で働いている人々の雇用所得が増大する。

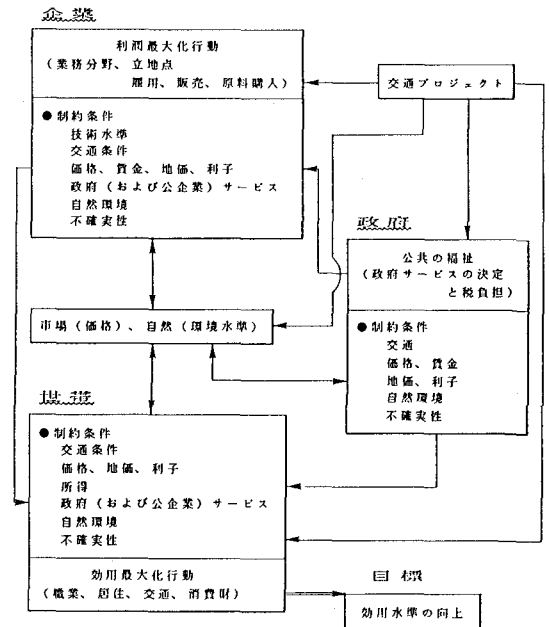


図-1 Impactの考え方

後者は家計収入の増大となるので、そのまま家計の効用の増大となる。企業利潤は投資、内部保留などを通じて、結局、株主配当の増大となる。機関株主も究極的には個人の株主に配当されるわけであるから、最終の帰属先は家計の所得の増大となる。また、交通条件の向上による地域開発効果も、家計にとっては物価の安定と所得の増大となる。さらに、沿道へのショッピングセンターなどの立地も、買物の便の向上という形で効用の増大に帰着することになる。このように、私的生産活動の一環として営まれている業務交通の走行条件の向上は、直接、家計にメリットを及ぼすものではないが、市場メカニズムを通じて、間接的に家計の効用の増大をもたらす。

企業と並ぶもう一つの業務部門は、中央および地方からなる政府部門である。政府は法律に基づいて、公企業の経営と公共財の提供を行ない、このために課税を行なう。交通整備は税負担を増大させるが、

政府活動の交通環境の向上により、政府活動の生産性が向上される。この結果は、より少ない税負担となる。

最後に、交通条件の向上に伴う当該道路上の交通量の増大と既存道路上での混雑緩和は、沿道の騒音・振動・大気汚染のレベルを悪化させたり改善させたりする。これらの自然環境の変化は、その効用を直接増大あるいは減少させる。また、被害者や受益者が企業である場合は、やはり企業の生産性の変化となり、前述の市場メカニズムを通じた波及効果と同様に家計の環境を変化させるので、個人の効用増となる。

以上より、個人の効用を増大させるような要因は、私企業が供給する財の価格と質、政府（または公企業）の供給するサービスの価格と質と量、自然環境、所得、不確実性の5つであることがわかる。

3. 波及効果の定式化

(1) 社会経済モデル

まず、交通条件（価格と所要時間）の波及効果、すなわち諸財の均衡価格と均衡所得に及ぼす影響に焦点をあてた定式化を行う。このため、当面、環境や集積の利益などの質の変化への影響を考慮の対象から除外する。これらの導入の考え方は7.および8.で述べる。

a) 仮定

- ①社会は、1個の世帯、2つの私的生産部門、交通部門および政府から成るものとする。
- ②私企業は財1および財2を生産する。その生産には交通サービス（財3）、土地（財4）および労働（財5）を要するものとする。
- ③消費に要する所要時間を明示的に表現するために、財2と財3を消費するには1単位当り t_2 と t_3 の消費所要時間を要するものとする。

- ④交通以外の財については、完全競争市場であり、静学的な意味で長期的に均衡状態であるものとする。

b) 変数と記号

表-1に示すとおりとする。

表-1 変数と記号

	量	価格	1単位の消費に要する所要時間	世帯1の所有量
	x_i, y_i, z	p	t	x_i
合成財	(x_{i1}, y_{i1}, z_1)	$p_1=1$	0	0
財2	(x_{i2}, y_{i2}, z_2)	p_2	t_2	0
交通	(x_{i3}, y_{i3}, z_3)	p_3	t_3	0
土地	(x_{i4}, y_{i4}, z_4)	p_4	0	x_{i4}
労働	(x_{i5}, y_{i5}, z_5)	p_5	1	x_{i5}

ここに、 x_i :世帯1の消費量ベクトル
 x_i :世帯1の資源所有量ベクトル
 y_j :私的生産部門jの投入産出ベクトル
 z :交通部門の投入産出ベクトル

(2) 世帯の行動

世帯は、予算と時間制約下で効用最大化行動をするものとする。すなわち、

$$v_i = \max_{x_i} u_i(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, \overline{x_{i5}} - t_2 x_{i2} - t_3 x_{i3} - x_{i5}) \quad (3.1a)$$

$$\begin{aligned} \text{s. t. } & x_{i1} + p_2 x_{i2} + p_3 x_{i3} + p_4 x_{i4} \\ & - p_5 x_{i5} \\ & = p_4 \overline{x_{i4}} + \pi_{i1} + \pi_{i2} + s_i - I_i \quad (3.1b) \end{aligned}$$

ただし、 π_{ij} :私的生産部門jの利潤の世帯iへの配分額

s_i :交通部門の利潤（または損失）の世帯1への配分額

I_i :交通投資の世帯iの負担額

$\overline{x_{i5}}$:総利用可能時間

$u_i(\cdot)$:効用関数

v_i :間接効用関数

他の変数は表-1に示すとおりである。

上記のうちで、 $\Sigma (\pi_{11} + \pi_{12})$ は、私企業からの株配当としての形で配分される利益の分配分であり、 $\Sigma (s_i - I_i)$ が、公共投資 I に対して補助金として歳出され、その分を一括固定税として世帯が負担していることを示す。また、効用関数 u の最後の変数は余暇時間を示しているが、労働そのものからは不効用は発生せず、余暇時間が効用に影響するとしている。

(3.1) 式をラグランジュの未定乗数法を適用して解くと、財 2 および財 3 の最適条件は次式のようになる。

$$p_2 + p_5 t_2 = \lambda (\partial u_1 / \partial x_{12}) \quad (3.2a)$$

$$p_3 + p_5 t_3 = \lambda (\partial u_1 / \partial x_{13}) \quad (3.2b)$$

ただし、 λ : ラグランジュ乗数。

したがって、(3.1) 式の解ベクトル x^*_i は、一般化価格ベクトル q と一般化所得 Ω_i の関数として表現できるので、 $x^*_i \equiv x_i(q, \Omega_i)$ と書く。したがって、間接効用関数も $v_i \equiv v_i(q, \Omega_i)$ と書く。ただし、

$$\Omega_i = q \bar{x}_i = p_4 \bar{x}_{i4} + \pi_{i1} + \pi_{i2} + s_i - I_i, \quad (3.3a)$$

$$q = \begin{pmatrix} 1 \\ p_2 + p_5 t_2 \\ p_3 + p_5 t_3 \\ p_4 \\ p_5 \end{pmatrix}, \quad \bar{x}_i = \begin{pmatrix} \pi_{i1} + \pi_{i2} + s_i - I_i \\ 0 \\ 0 \\ \bar{x}_{i4} \\ 0 \end{pmatrix}$$

$$x_i = \begin{pmatrix} x_{i1} \\ x_{i2} \\ x_{i3} \\ x_{i4} \\ x_{i5} \end{pmatrix} \quad (3.3b)$$

また、全世帯の量は、サフィックス i のない変数として、

$$\begin{aligned} x &\equiv \sum_{i=1}^I x_i, \quad \bar{x} \equiv \sum_{i=1}^I \bar{x}_i, \quad \pi_j \equiv \sum_{i=1}^I \pi_{ij} \quad (j=1, 2) \\ s &\equiv \sum_{i=1}^I s_i, \quad I \equiv \sum_{i=1}^I I_i \end{aligned} \quad (3.4)$$

とする。

(3) 私的生産部門 1 の行動

私的生産部門 1 は、利潤最大化行動により価格 1 の合成財 (財 1) を供給するものとする。

$$\pi_1 = \max_{y_1} (y_{11} - \sum_{k \neq 1} p_k y_{1k}) \quad (3.5a)$$

$$\text{s. t. } y_{11} = f_1(y_{12}, y_{13}, y_{14}, y_{15} - t_2 y_{12} - t_3 y_{13}) \quad (3.5b)$$

ただし、 y_{jk} : j 部門の財 k の産出投入量
 y_j : j 部門の産出投入量ベクトル
 $f_j(\cdot)$: j 部門の生産関数

なお、(3.5b) 式における第 5 の変数は、雇用労働時間 y_{15} から財 2 と財 3 を使用するのに必要な労働時間を差し引いた実労働時間が生産に寄与すると考えていることを示す。

さて、(3.5) 式の財 2 と財 3 に関する最適条件は、次式となる。

$$p_2 + p_5 t_2 = \mu_1 (\partial f_1 / \partial y_{12}) \quad (3.6a)$$

$$p_3 + p_5 t_3 = \mu_1 (\partial f_1 / \partial y_{13}) \quad (3.6b)$$

ただし、 μ_1 : ラグランジュ乗数を示す。

したがって、財 2 および財 3 の価格は一般化価格 q_2 および q_3 と考えてよい。故に、(3.5) 式の最適解ベクトル y^*_1 は、

$$y^*_1 \equiv y_1(q) \quad (3.7)$$

で表現される。ただし、 q は (3.3) 式で与えられる一般化価格ベクトルを示す。

(4) 私的生産部門2の行動

私的生産部門2は、財2を生産する。

$$\pi_2 = \max_{y_2} (p_2 y_{22} - \sum_{k \neq 2} p_k y_{2k}) \quad (3.8a)$$

$$\text{s. t. } y_{22} = f_2(y_{21}, y_{23}, y_{24}, y_{25} - t_3 y_{23}) \quad (3.8b)$$

ただし、 $p_1 = 1$ 。

(3.8b)式では、財2を生産するには財2を使用しないと仮定している。したがって、(3.5b)式とは異なり、実労働時間は雇用労働時間 y_{25} から財3の使用時間のみを差し引いた形になっている。

すなわち、財2の消費には時間を要するが、その生産には時間を必要としないという消費と生産の非対称を示している。これは、物流、買物、レクリエーションなどの多くの財の性質であるから妥当な仮定であると考えられる。財2の性質により、(3.8)式の財2と財3の最適条件は、

$$p_2 = \mu_2 (\partial f_2 / \partial y_{22}) \quad (3.9a)$$

$$p_3 + p_5 t_3 = \mu_2 (\partial f_2 / \partial y_{23}) \quad (3.9b)$$

ただし、 μ_2 ：ラグランジュ乗数。

したがって、(3.8)式の最適解ベクトル y^*_2 は、

$$y^*_2 = y_2(q^*_2) \quad (3.10)$$

と表現する。ただし、 q^*_2 は(3.3)式において、 $t_2 = 0$ とした一般化価格ベクトルである。

(5) 交通部門の行動

交通部門は、交通需要を満足するという条件のもとで、費用最小化行動をするものとする。すなわち、

$$C_3 = \min_z \sum p_k z_k \quad (3.11a)$$

$$\text{s. t. } D_3 = g(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 - t_2 z_2 - t_3 z_3) \quad (3.11b)$$

ただし、 $p_1 = 1$

z_k ：交通部門の財 k の投入量($k=1, \dots, 5$)

z ：交通部門の投入量ベクトル

$g(\cdot)$ ：生産関数

D_3 ：総交通需要量

(3.11)式も(3.5)式と同様な最適条件を持つので、その最適解ベクトルを $z(q, D_3)$ と表現する。また、 $s \equiv p_3 D_3 - C_3$ は、交通部門の利潤(損失)を示し、これは、世帯へ配分(課税)される。

(6) 政府部門の行動

政府部門は、世帯への課税 $s - I = p_3 D_3 - C_3 - I$ を財源として交通投資 I を行い、交通価格 p_3 と交通所要時間 t_3 をコントロールする。

(7) 市場均衡

$$\text{財1 : } I + x_1 - y_{11} + y_{21} + z_1 = 0 \quad (3.12a)$$

$$\text{財2 : } x_2 + y_{12} - y_{22} + z_2 = 0 \quad (3.12b)$$

$$\text{財3 (交通) : } x_3 + y_{13} + y_{23} + z_3 \equiv D_3 \quad (3.12c)$$

$$\text{財4 (土地) : } x_4 + y_{14} + y_{24} + z_4 = \bar{x}_4 \quad (3.12d)$$

$$\text{財5 (労働) : } -x_5 + y_{15} + y_{25} + z_5 = 0 \quad (3.12e)$$

(3.12)式においては、定義式である(3.12c)式を除くと式が4つ、また、交通価格 p_3 が政策的に決定されているので、変数は(p_2, p_4, p_5)の3つである。しかし、(3.12a)~(3.12e)式をそれぞれ1, $p_2, \dots, p_5$ を乗じて合計すると全世帯の予算制約式(3.1b)になるので、独立な式は3つである。したがって、(3.12)式の均衡解が唯一存在するものと仮定する。

(8) 波及効果

交通整備は、 I を 0 から I に変化させ、かつ交通価格、交通所要時間をそれぞれ p_3^A から p_3^B 、 t_3^A から t_3^B へ変化させると考える。このとき、世帯、および私的生産部門の全ての行動は変化し、したがって、市場均衡によって交通部門以外の価格 (p_2, p_4, p_5) が変化する。この結果、利潤 $\pi_{i1} + \pi_{i2}$ と s_i の分配を通じて Ω_i も変化する。

そこで、 q と Ω_i が与えられたときの世帯 i の達成可能な効用水準 (間接効用関数) を $v_i(q, \Omega_i)$ で表すと、それは交通整備によって $v^A_i \equiv v_i(q^A, \Omega^A_i)$ から $v^B_i \equiv v_i(q^B, \Omega^B_i)$ へと変化する。

4. 便益の定義

(1) 便益の定義と費用便益基準²⁾

図-2 において、縦軸に一般化所得 Ω をとり、横軸にプロジェクトによって影響を受けた所得以外の要因をとる。この要因は達成可能な効用水準を決定するもの全てであるから、3. で示したモデルでは一般化価格ベクトル q からなる (以下サフィックス i を省略する)。

さて、交通プロジェクトによって、世帯の状態が A 点から B 点になったとする。そして、 A および B 点を通る無差別曲線 (等効用曲線) を、それぞれ、 v^A および v^B とし、その効用水準を $v^A \equiv v(q^A, \Omega^A)$ および $v^B \equiv v(q^B, \Omega^B)$ とする。このとき、図-2 に示すように EV と CV なる2つの純便益の定義が存在する。

EV は等価的偏差 (equivalent variation) とよばれ、変化 $A \rightarrow B$ をあきらめるために世帯が必要と考える最小補償額であり、 CV は補償的偏差 (compensating variation) とよばれ、変化 $A \rightarrow B$ を獲得するために世帯が支払うに値すると考える最大支払意思額である。

なお、図-2 における $e(q, v)$ は価格 q なる状態下で効用水準 v を達成するために必要な最小所得を示しており、関数 e は支出関数 (expenditure function) とよばれている。換言すれば、 $u = v(q, \Omega)$ において、 q と u の値を与えたときの Ω に関する逆関数に他ならない。したがって、 EV と CV は次の2つの方法で表現することができる。

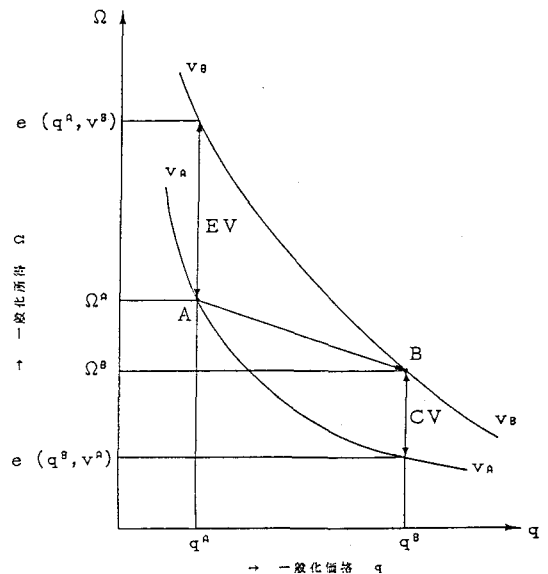


図-2 EV と CV の定義

すなわち、

方法1) 次式を満足する EV および CV の値

$$v(q^A, \Omega^A + EV) = v^B \equiv v(q^B, \Omega^B) \quad (4.1a)$$

$$v(q^A, \Omega^A) \equiv v^A = v(q^B, \Omega^B - CV) \quad (4.1b)$$

方法2) 支出関数による定義

$$EV \equiv e(q^A, v^B) - \Omega^A \quad (4.2a)$$

$$CV \equiv \Omega^B - e(q^B, v^A) \quad (4.2b)$$

また、社会的（純）便益とは社会を構成する全世帯に対して(4.2)式をそれぞれ合計した値をいい、これらを ΣEV および ΣCV で表わす。

そして、 $\Sigma EV > 0$ あるいは $\Sigma CV > 0$ なるとき、そのプロジェクトの実行を是とする判定基準を費用便益基準（cost benefit criteria 略してCB基準）という。

(2) EV と CV の比較

EV と CV のどちらが望ましい定義であるかという問に対して、現在ではいくつかの観点から EV の方がよいことがわかっている。

第1に²⁾、純便益とは効用の変化分の貨幣換算値であるから、効用水準の順位を保つことが望ましい。このことをみるために、(4.2)式において、 $\Omega^A = e(q^A, v^A)$ 、 $\Omega^B = e(q^B, v^B)$ であることに注意して書き換えると、

$$EV = e(q^A, v^B) - e(q^A, v^A) \quad (4.3a)$$

$$CV = e(q^B, v^B) - e(q^B, v^A) \quad (4.3b)$$

となる。(4.3)式において、 A なるスーパースクリプトのついている変数は、プロジェクトによって変化しない。したがって、 EV は v の単調変換になっているのに対して、 CV は確かに v の変化も示しているが、 p^B なるパラメータも含んでいるので効用 v の単調変換とはいえない。このことは、2つ以上のプロジェクトを比較するときより鮮明になる。効用関数は序数的であるから、 EV が効用関数そのものを計測しているのに対して、 CV はそうでないことがわかる。したがって、社会的公平性も考慮した個人の効用ごとにある重み付けをした合計値である社会的厚生基準に対しても、 EV を効用そのものとして使用することができる。

第2に³⁾、CB基準は社会的効率性の判定に用いられる。そこで、社会的効率性の定義を明確にし、これに対して2つのCB基準がいかなる関係にあるかを

知る必要がある。

社会的効率性基準は、別名、補償基準（compensation test, 略してCT）あるいはKaldor-Hicks基準（Kaldor-Hicksian test, 略してKHT）といわれており、この基準は次の定義に従うものである。

プロジェクト有無両場合の世帯（ $i=1, \dots, I$ ）の消費量ベクトルを x^A および x^B とする。 x^B を仮に全世帯で再配分できるとして、その再配分したものをどの世帯もが消費量ベクトル x^A よりも選好するとき、 x^B は x^A より社会的に効率的であると定義する。

実は、上記のCTの定義に従うと、 x^A より x^B が効率的であり、かつ、 x^B が x^A より効率的である場合が起こるという“Scitovskyの矛盾”を含んでいることがわかっている。このScitovskyの矛盾が起こるときには、どちらが効率的であるかは判定できない。

そこで、この矛盾である変化である場合を除くとの条件のもとでは、以下のことを証明できる。すなわち、

(a) ある変化に対して $\Sigma EV > 0$ ならば、CTに合格する。

(b) CTに合格する変化ならば、 $\Sigma CV > 0$ 。

(c) (a), (b)の逆は必ずしも成立しない。

通常プロジェクトが効率的であることをいいたいことが多い。上記の性質は、 $\Sigma EV > 0$ なる基準は、CTの十分条件となるのに対して、 $\Sigma CV > 0$ なる基準は、必ずしも十分条件とはならない。ということは、 $\Sigma EV > 0$ は、CTのチェックに用いることができるが、 $\Sigma CV > 0$ は必ずしも使用できないことを示している。この意味で、 ΣEV と ΣCV とを比較したとき、 ΣEV 基準の方が望ましい。

もちろん、 ΣEV 基準は満足すべきものではない。十分性のみが成立して必要性が成立しないからである。したがって、より望ましい便益の定義を発見する必要があるが、目下のところ、残されている課題である。

5. 便益の計測

(1) 2つの計測法

便益の計測法には、帰着分析法 (incidence method) とショートカット法 (shortcut method) の2つがある。帰着分析法は、便益の帰着形に着目して、プロジェクトによる波及効果を受けた全ての財についての需要・供給曲線の推定とその均衡分析を行い、同時にプロジェクト無しの場合についても計算して比較する方法である。いわゆる応用一般均衡分析 (applied general equilibrium analysis) と同じである。一方、ショートカット法は、波及効果の全てを交通市場から得られる情報のみで計測する方法である。具体的には、波及効果を交通需要曲線のシフトとして表現し、これに対して近似的に一般化消費者余剰の増大として計測する方法である。

(2) 間接効用関数形の仮定

3. で述べた社会経済フレームを考える。ここで、世帯 i の効用関数を次式のような一般化所得 Ω_i に関する線形関数として仮定する。

$$v_i(q, \Omega) = \xi_i(q) + \eta(q) \Omega_i \quad (5.1)$$

(5.1)式はGorman型間接効用関数とよばれ⁴⁾、第1項の $\xi_i(q)$ は世帯ごとに異なる価格の関数であり、第2項の $\eta(q)$ は全ての世帯に共通する価格の関数である。

この仮定のもとでは、第1に、所得の限界効用 $\partial v_i / \partial \Omega_i = \eta(q)$ が、全ての世帯に対して同一である。この性質は後述のショートカット理論を適用する際に重要となる。

第2に、(5.1)式にロアの定理を適用して k 財への需要関数を導くと⁵⁾、

$$x_{ik} = - \left(\frac{\partial v_i}{\partial q_k} \right) / \left(\frac{\partial v_i}{\partial \Omega_i} \right)$$

$$= - \left(\frac{\partial \xi_i}{\partial q_k} + \frac{\partial \eta}{\partial q_k} \Omega_i \right) / \eta \quad (5.2)$$

となる。これを社会の全体世帯について合計した k 財への総需要関数 x_k は、

$$x_k \equiv \sum_{i=1}^I x_{ik} = - \frac{\partial}{\partial q_k} \left(\sum_{i=1}^I \xi_i + \eta \sum_{i=1}^I \Omega_i \right) / \eta \quad (5.3)$$

となる。(5.3)式の右辺は、(5.1)式の v_i を全世帯について合計した関数

$$v(q, \Omega) \equiv \xi(q) + \eta(q) \Omega \quad (5.4a)$$

$$= \sum_i \xi_i(q) + \eta(q) \left(\sum_i \Omega_i \right) \quad (5.4b)$$

にロアの定理である(5.2)式を適用した値に等しい。したがって、総需要関数は、全世帯を代表する巨大な一世帯の需要関数であるとみなしてよい。これは総需要関数(5.3)式が所得分布に依存しないという性質をもつためである。したがって、所得分布を考えなくてもよくなり、実用上、便利である。

(3) 帰着分析法

4. で述べたように、世帯 i の純便益は一般に次式のようになる。

$$E V_i = e_i(q^A, v_i(q^B, \Omega_i^B)) - e_i(q^A, v(q^A, \Omega_i^A)) \quad (5.5a)$$

$$= \int_{v^A}^{v^B} \frac{\partial e_i}{\partial v_i} dv_i \quad (5.5b)$$

$$= \oint_{A \rightarrow B} \sum_{k=2}^5 \frac{\partial e_i}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial q_k} dq_k + \frac{\partial e_i}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial \Omega_i} d\Omega_i \quad (5.5c)$$

$$= \oint_{A \rightarrow B} e_{\Omega_i} \left[- \sum_{k=2}^4 x_{ik} dq_k + x_{i5} dp_5 + d\Omega_i \right] \quad (5.5d)$$

ただし、 $e_{\Omega_i} = (\partial e_i / \partial v_i) (\partial v_i / \partial \Omega_i)$ 。

ここで、(5.5c)式から(5.5d)式への変形は、ロアの定理による。また、記号 $\oint$ は線積分を示し、 $A \rightarrow B$ は $(q^A, \Omega^A) \rightarrow (q^B, \Omega^B)$ を示す。

社会的純便益は、全世帯の純便益であるから、

$$\Sigma EV = \sum_{i=1}^I \oint_{A \rightarrow B} e_{\Omega i} \left[- \sum_{k=2}^5 x_{ik} dq_k + x_{i5} dq_5 + d\Omega_i \right] \quad (5.6)$$

となる。(5.6)式において、Gorman型でなく一般的な間接効用関数型の場合には、個人ごとに $e_{\Omega i}$ が異なり、かつ $e_{\Omega i}$ を知る必要がある。ところが、 $e_{\Omega i}$ を知ることは世帯の効用関数をそのものを知ることと等しいので、このままでは ΣEV の計測はほとんど不可能に近いことを示している。

そこで、Gorman型の間接効用関数を仮定すると、支出関数 e は(5.1)式の左辺を与えたときの Ω_i に関する逆関数であるから、

$$e_i(q^A, v(q, \Omega)) = \frac{\xi_i(q) + \eta(q)\Omega_i - \xi_i(q^A)}{\eta(q^A)} \quad (5.7)$$

となる。したがって、世帯 i の純便益は、

$$EV_i = \frac{\{\xi_i(q^B) + \eta(q^B)\Omega_i^B\}}{\eta(q^A)} - \frac{\{\xi_i(q^A) + \eta(q^A)\Omega_i^A\}}{\eta(q^A)} \quad (5.8)$$

となる。また、(5.7)式より、

$$\frac{\partial e_i}{\partial \Omega_i} = \frac{\eta(q)}{\eta(q^A)} \equiv \phi(q) \quad (5.9)$$

となり、全世帯に共通している。したがって、社会的純便益は、(5.10)式となる。

$$\Sigma EV = \oint_{A \rightarrow B} \phi(q) \left[- \sum_{k=2}^5 x_{ik} dq_k + x_{i5} dq_5 + d\Omega \right] \quad (5.10)$$

$$\text{ただし、} x_k = \sum_{i=1}^I x_{ik} \quad (k=2, 3, 4, 5)$$

$$\Omega = \sum_{i=1}^I \Omega_i$$

本稿では、(5.10)式を社会的純便益の帰着形とよぶことにする。ここで、 $dq_2 \equiv dp_2 + p_5 dt_2$ 、 $dt_2 = 0$ および(3.3a)より $d\Omega = \bar{x}_4 dp_4 + d\pi_1 + d\pi_2 + ds - dI$ であることに注意して、(5.10)式を3. で示した5つの財で明示すると、社会的純便益は、

$$\begin{aligned} \Sigma EV = \oint_{A \rightarrow B} \phi(q) [& (-x_2 dp_2 \\ & - x_3 dq_3 - x_4 dp_4 + x_5 dp_5) \\ & + \bar{x}_4 dp_4 + d\pi_1 + d\pi_2 + ds - dI] \end{aligned} \quad (5.11)$$

となる。(5.11)式の[]内の()の値は、交通整備から波及した価格変動による消費者余剰の増大分を示す。すなわち、第1項 $x_2 dp_2$ は、交通以外の財2の物価低下の便益、第2項は交通費用と時間改善の便益、第3項は借地人としての地代上昇(低下)に伴う消費者余剰の減少(増大)、第4項は賃金上昇に伴う余剰の増分を示している。次に、 $\bar{x}_4 dp_4$ は地主としての地代上昇便益を示している。また、 $d\pi_1 + d\pi_2$ は私企業の利潤増大分を示し、企業の便益といえることができる。さらに、 ds は交通部門の利潤(損失)であり、 dI は投資額の増分である。したがって、納税者には $(ds - dI)$ なる負担を生じせしめることがわかる。(5.11)式にしたがって便益を忠実に計測するには、(間接)効用関数と生産関数(または費用関数)を特定化し、波及効果を受ける全ての財に関する需要・供給関数を導出し、これに過去のデータを当てはめてパラメータを推定し、プロジェクト有無の両ケースについて計算しなければならない。そして(5.11)式あるいは、 EV の定義そのものである(5.8)式を適用して ΣEV を計算しなければならない^{6), 7), 8)}。

帰着形を忠実に計算するには、上記のような複雑な計算をせねばならないが、その長所の第1は、(5.11)式がわかると主体別に便益帰着額がわかることである。

第2の長所は、(5.11)式より、 dI を除いた社会的粗便益とGNPの増加分との関係が明らかになることである。まず、GNPの増分は、

$$d(x_5 p_5) + \bar{x}_4 d p_4 + d\pi_1 + d\pi_2 + d s \quad (5.12)$$

で与えられ、第1項が勤労所得、残りが財産所得を示している。一方、社会的粗便益は、GNPには全く反映しないような物価の低下による生活環境の向上の貨幣換算値（(5.11)式の第1・2項）や地代上昇に伴う不便益（(5.11)式の第3項）を考慮している。さらに、賃金上昇も、GNPでは単に $d(x_5 p_5)$ となっているが、社会的粗便益ではその余剰の増分のみを含んでいる。両者の差は、

$$\begin{aligned} \phi_{A \rightarrow B} \phi(q) [-x_2 d p_2 + x_3 d p_3 - x_4 d p_4 \\ + x_5 d p_5 - d(x_5 p_5)] \end{aligned} \quad (5.13)$$

である。したがって、帰着分析法では社会的便益とGNPへの寄与分を分離して計算できるという長所もある。

(4) 資産価値法の妥当性

ショートカット法の第3の長所は、地代変動分によって交通便益を計測する方法（これを資産価値法という）の妥当性を検討することができることである⁹⁾。このことをみるために、(3.5)、(3.8)および(3.11)式を全微分して $dt_2 = 0$ とおき（交通プロジェクトは財2の消費所要時間に影響を与えないと仮定している）、これに対して利潤最大化（費用最小化）条件を代入すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} d\pi_1 = & -y_{12} d p_2 - y_{13} d q_3 - y_{14} d p_4 \\ & - y_{15} d p_5 \end{aligned} \quad (5.14a)$$

$$\begin{aligned} d\pi_2 = & y_{22} d p_2 - y_{23} d q_3 - y_{24} d p_4 \\ & - y_{25} d p_5 \end{aligned} \quad (5.14b)$$

$$\begin{aligned} -dC_3 = & -z_2 d p_2 - z_3 d q_3 - z_4 d p_4 \\ & - z_5 d p_5 - C_{3D_3} d D_3 \end{aligned} \quad (5.14c)$$

ただし、 $C_{3D_3} = (\partial C_3 / \partial D_3)$ 、また D_3 は、(3.11)式で定義した総交通需要である。これは、私企業と公企業の行動(3.5)、(3.8)、(3.11)式に包絡線定理をあてはめたものに他ならない¹⁰⁾。さて、(5.14)式を(5.11)式に代入して整理すると、次式を得る。

$$\begin{aligned} \Sigma EV = & \phi_{A \rightarrow B} \phi(q) [\underbrace{(-x_2 d p_2 - x_3 d q_3)}_{\text{①}} \\ & + \underbrace{x_5 d p_5 - x_4 d p_4}_{\text{①}} + \underbrace{\{(-y_{12} d p_2 - y_{13} d q_3 - y_{15} d p_5) - y_{14} d p_4\}}_{\text{②}} \\ & + \underbrace{\{(-y_{22} d p_2 - y_{23} d q_3 - y_{25} d p_5) - y_{24} d p_4\}}_{\text{③}} + \underbrace{\{(-z_2 d p_2 - z_3 d q_3 - z_5 d p_5 + d(p_3 D_3) - C_{3D_3} d D_3)}_{\text{④}} \\ & + \underbrace{\{(-z_4 d p_4) + \{\bar{x}_4 d p_4\} - dI\}}_{\text{④} \quad \text{⑤} \quad \text{⑤}} \end{aligned} \quad (5.15)$$

[参考] ① $v_q d q$

② $d\pi_1$

③ $d\pi_2$

④ $d(p_3 D_3 - C_3)$

(5.15)において、①～④は、世帯(①)、私企業(②+③)、および公企業(④)からなる借地人の便益を示し、⑤は地主の便益を示している。すなわち、例えば①に注目すると、借地人としての世帯は、() 内で示される物価の低下 $(-x_2 d p_2)$ 、交通

条件の向上 ($-x_3 dp_3$) 及び賃金上昇 ($x_5 dp_5$) なる便益を得るが、これが、 $\bar{x}_4 dp_4$ で示される地代上昇に転移していることを示している。②、③についても全く同様の解釈が可能である。また、④については、公企業の便益は他企業と同様の物価低下、交通条件の向上、賃金の上昇に加えて、交通量が増加したことによる収入の増加と費用の増加分が、地代上昇に転移していることを示している。

資産価値法は、社会的便益を $\bar{x}_4 dp_4$ で計測していることになるので、社会的便益 (①+②+③+④)+⑤が⑤に一致するためには、①～④は全て非負であるので、①～④の各項目が全てゼロとならねばならない。すなわち、①は $v_q dq$ に等しいことに注意すると、① = $v_q dq$ 、② = $d\pi_1$ 、③ = $d\pi_2$ 、④ = ds が全てゼロとなることである。これは、地代上昇以外の便益が丁度、地代上昇の不便益に一致し、借地人としての家計の効用も、借地人としての企業の利潤も、借地人としての公企業の利潤も、プロジェクトによっては変化しない一定の値をもつことを意味する。効用と利潤（または費用）が、プロジェクトの如何にかかわらず一定値である仮定は、いわゆる open city の仮定である。すなわち、プロジェクトの影響を受ける地域が他の地域に比較して非常に小さく、立地がスムーズであれば、地代はいずれの地域でも同一効用、同一利潤になるように決定されるので、プロジェクトの有意にかかわらず地域の効用と利潤の値は変化しない。プロジェクトの実施された地域は立地がスムーズに行われるので、地域の効用と利潤と同一レベルになるように立地が進むと考えると仮定できるという理論が成立するとき、資産価値の変動が社会便益に一致する。

(5) ショートカット法

本手法は、(5.15)に注目し、今度は dp_2, dq_3, dp_4, dD_3 の各項について合計して整理するとき、(5.15)式は次式となる。

$$\begin{aligned} \Sigma EV = & \oint_{A \rightarrow B} \phi'(q) \left[- \underbrace{(x_2 + y_{12} - y_{22} + z_2)}_{①} \right. \\ & \underbrace{dp_2 - (x_3 + y_{13} + y_{23} + z_3) dq_3}_{②} \\ & - \underbrace{(x_4 + y_{14} + y_{24} + z_4 - \bar{x}_4)}_{③} dp_4 \\ & + \underbrace{(x_5 - y_{15} - y_{25} - z_5) dp_5}_{④} \\ & \left. + \underbrace{\{d(P_3 D_3) - C_{3D_3} dD_3\}}_{⑤} - dI \right] \end{aligned} \quad (5.16)$$

(5.16)のうち、②と⑤を除く、①、③、④は市場均衡式(3.12)よりゼロとなってしまうので、交通以外の波及効果が全て消えて次式を得る。

$$\Sigma EV = \oint_{A \rightarrow B} \phi'(q) \left[-D_3 dq_3 + \{d(P_3 D_3) - C_{3D_3} dD_3\} - dI \right] \quad (5.17)$$

となる。(5.17)式は、全ての波及効果 (= 貨幣的外部効果) が交通市場に関係した情報のみで表現されているので、ショートカット法とよぶことにする。ここで、第1項は全交通需要関数の消費者余剰を表し、第2項と第3項は交通部門の余剰の増分を表し、第4項は交通投資額を表す。なお、第1項は、線積分であることに注意すると、需要曲線のシフトを含めた一般化消費者余剰であることがわかる。

本形式が導入された背景には、他財の価格変化による消費者余剰の増分がその生産者余剰によってキャンセルされ (図-3)、残りの余剰の増分はそれぞれの業務交通の余剰の増分として表現されたことによる。ただし、図-3の D^B, S^B, D^A, S^A はそれぞれプロジェクト有無の場合の需要および供給曲線を示す。

ところが、交通市場では価格が政策的に決定されるので、消費者余剰と生産者余剰はキャンセルされず、それぞれの余剰の増分を合計した分が残る (図-4)。これが、ショートカット型として表現されている。

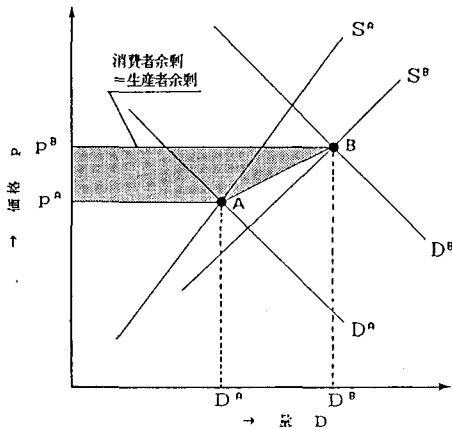


図-3 価格が市場均衡で決まる場合の
消費者余剰と生産者余剰

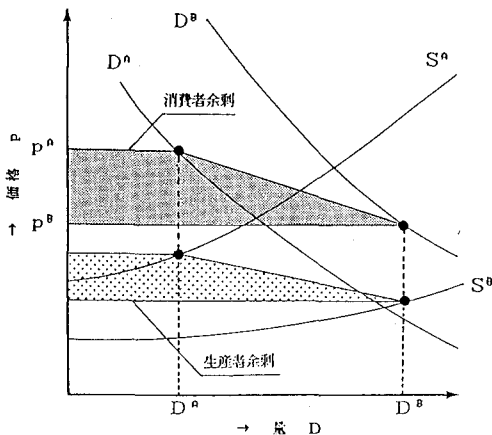


図-4 価格が政策的に決まる場合の
消費者余剰と生産者余剰

もし交通価格が限界費用に等しいように常に決定されるとすると、交通市場でも他財の市場と同様に、図-3のように消費者余剰と生産者余剰がキャンセルされることがわかる。したがって、限界費用価格政策のもとでの投資効果は、時間節約便益のみとなる。このときは、(5.17)式において、

$$\begin{aligned} d(p_3 D_3) - (C_3 D_3) d D_3 \\ = (p_3 - C_3 D_3) d D_3 + D_3 d p_3 \end{aligned} \quad (5.18)$$

となる。ここで、限界価格政策により、(5.18)式の右辺の()内はゼロとなるため、社会的純便益は、

$$\Sigma EV = \phi_{A \rightarrow B} \phi(q) [-D_3 p_5 d t_3 - d I] \quad (5.19)$$

となり、時間節約便益のみが計算の対象となる。

現実には、公共交通でも自家用車の平均費用となるように価格設定がなされていることが多い。このときには、(5.17)式の()内がゼロとなるので、社会的純便益は、

$$\Sigma EV = \phi_{A \rightarrow B} \phi(q) [-D_3 d q_3 - d I] \quad (5.20)$$

となり、利用者便益のみが計算の対象となる。

(6) ショートカット法の計算法

(5.17)式に従って具体的に交通投資の便益を計測するには、計測可能な D_3 、 $p_3 D_3$ 、 C_3 および I に加えて、関数 $\phi(q)$ を仮定する必要がある。これは効用関数を仮定することであり、これを避けるために付録に示すような近似計算を行うと、(5.17)式は、

$$\begin{aligned} \Sigma EV \approx & \frac{1}{2} (q_3^a - q_3^b) (D_3^a + D_3^b) \\ & \frac{1}{2} (q_3^a - q_3^b) [(q_3^a - q_3^b) D_3^a \\ & + (\Delta s - I)] x_3^a \Omega + \Delta s - I \end{aligned} \quad (5.21)$$

となる。(5.21)式の第1項は、図-4における消費者余剰として表現される台形の面積に他ならない。ただし、図-4の横軸は総交通量、縦軸は一般化交通価格をとる。また、図-4に示すように、本公式は、交通需要が他の物価や所得への波及によってシフトした場合にも適用できる。一方、第2項は、所得の限界効用 $\eta(q)$ (したがって $\phi(q)$)が変化したために生じたものであり、 $x_3^a \Omega$ がかかっているため所得効果に類した便益である。すなわち、第2

項の〔 〕内の第1項は価格変化、第2項は課税変化による所得効果とみなすことができる。このため、第2項の図式表現は目下のところ困難である。しかし、従来の研究によれば、第2項は第1項に比較して非常に小さいことがわかっている^{7)、11)}。例えば、日本の戦後の幹線網形成の便益の計測においては、第2項は第1項の 10^{-3} 倍のオーダーであった。したがって、多くの場合において無視することができるものと思われる。さらに、第3項は交通部門の利潤の増減分を示し、図-4のように生産者余剰として表現できる。

(7) ショートカット法に関する既往の研究

全ての波及効果を、交通市場から得られる情報からのみで測定しようという既往の試みの1つは、微小な効果をもつ場合に限定した研究である。すなわち、『もし、プロジェクトの効果が1次近似ができるほど微小ならば、EVのショートカット測定が可能である』という答えを示している[Bodway(1985), Lesourne(1975), Wheaton(1977)]^{12)、13)、14)}。その概要は以下の通りである。すなわち、プロジェクトの効果が1次近似できるほど微小ならば、EVもCVも、あるいは、各人の効用を所得の限界効用で除した値の合計値の変化分として(純)便益を定義した場合(これは、Marshall-Dupuit流の定義といわれているので、MDと略称する)のいずれの場合も、一致してしまう。Bodway(1975)とLesourne(1975)はMDの、Wheaton(1977)はCVの、それぞれのショートカット測定法が可能であることを示している。一方、効果の1次近似ができないような大規模なプロジェクトに対してのショートカット測定理論の提案としては、Kanemoto and Mera(1985)がある¹⁵⁾。しかし、Kanemoto and Meraの提案は、MDの場合にのみ成功している。また、MDの場合には、積分経路に依存するという弱点もある。

これに対して、森杉・林山・小島(1986)、

Morisugi(1987)では ΣEV を社会的純便益と定義し、かつ、大規模な変化であっても、ショートカット公式の導くことができることを示した。すなわち、Kanemoto and Mera以外の既往の研究が1次近似のために非交通部門への波及効果を計測することが不可能であるのに対して、明示的に、波及効果による交通需要曲線のシフトを考慮した一般化消費者余剰で計測できることを示した。さらに、これを戦後の幹線交通網形成に便益測定に適用した^{7)、11)}。

しかし、これらの研究では、交通以外の財の所要時間や質を明示的に組み込んでいないので、いかなるときにショートカット形が成立しなくなるのかという適用限界が明示されていない。この点の言及は、本稿7.および8.で行う。

6. 帰着便益連関表

(1) 理 論

ここでは、3.~5.で述べたモデルに従った帰着便益連関表の理論について述べる。そこで、まずショートカット型(5.17)式に着目する。例えば、交通事業者、波及効果をも含む広義の利用者便益、その帰着先である地主便益、および税負担者への帰着状況を知りたいとする。このとき、地代変動による消費者余剰と生産者余剰が等しいことに注目して、(5.17)式に土地の市場均衡式 $\bar{x}_4 - x_4 - y_{14} - y_{24} - z_{24} = 0$ を加えて整理すると、

$$\begin{aligned} \Sigma EV = & \oint_{A \rightarrow B} \phi(q) [(-x_3 dq_3 - x_4 dp_4) \\ & + (-y_{13} dq_3 - y_{14} dp_4) \\ & + (-y_{23} dq_3 - y_{24} dp_4) \\ & + (-z_3 dq_3 - z_4 dp_4) + \bar{x}_4 dp_4 \\ & + \{d(p_3 D_3) - C_{3D_3} dD_3\} - dI] \end{aligned} \quad (6.1)$$

となる。(6.1)式の()内は、それぞれの主体の交通利用者便益から地代上昇分を差し引いた残存便

益を示し、 $\overline{x_4 d p_4}$ は地主の便益を示している。この(6.1)式を表の形式にまとめたものが表-2に示す帰着便益連関表である¹⁶⁾。

(2) 帰着便益連関表の作成法

表-2の行は交通プロジェクトによる費用や便益が発生する項目を示し、列は受益者または損失者を示す。表中の記号は全て3.~5.で定義した記号に従い、その便益額を+で、損失額を-で表している。記入の仕方は、番号をつけたとおりにすると分かりやすい。

まず、交通事業体は、①投資 I 、②運営費 C_3 を負担し、③料金収入 $P_3 D_3$ を得る。この利潤分または損失分 $(P_3 D_3 - C_3 - I)$ (④)は、政府によって負担される(⑤)。政府は、この負担のために世帯に課税し(⑥)、これを財源として利用する(⑦)。次に、広義の交通利用者は、世帯、私企業

1・2、および利用者としての公企業から成る。公企業は、モデルでは交通事業者と一体であったが、ここでは別の公企業体と考える。そこで、これら各主体の広義の利用者便益、⑧ $x_3 d q_3$ 、⑨ $(y_{13} + y_{23}) d q_3$ 、⑩ $z_3 d q_3$ を記入する。次に、利用者便益の移転先である地代上昇による損失、⑪ $-x_4 d p_4$ 、⑫ $-(y_{13} + y_{23}) d p_4$ 、⑬ $-z_3 d p_4$ を記入する。ここで、この地代上昇分は地主の便益であるので、⑭ $\overline{x_4 d p_4}$ を記入する。

以上のようにして記入した値を横と縦に合計し、それらをそれぞれ最右欄と最下欄に示す。最右欄の値は、便益の項目別の国民経済全体にとっての損失や便益を表す。なお、移転便益はゼロであり、表-2では、地代、補助金、税金の欄がゼロとなる。そして、最右欄の合計がショートカット型で示した国民経済の純便益を表す。一方、最下欄の値は、主体別の受益状況を表す。ここで、交通事業者については、利益がある場合には投資にまわし、損失がある

表-2 帰着便益連関表

主体 項目	交通事業体	広義の交通利用者=土地利用者			土地利用者	政 府	合 計
		世 帯	私 企 業	公 企 業			
投 資 額 ①	- I						- I
運 営 費 ②	- C ₃						- C ₃
料金 収入 ③	P ₃ D ₃						P ₃ D ₃
広義の 利用者便益		③ x ₃ q ₃	⑨ (y ₁₃ +y ₂₃) d q ₃	⑩ z ₃ d q ₃			D ₃ d q ₃
地代の上昇		⑪ - x ₄ d q ₄	⑫ -(y ₁₃ +y ₂₃) d q ₄	⑬ - z ₃ d q ₄	⑭ $\overline{x_4 d p_4}$		0
補 助 金	④ I - C ₃ - P ₃ D ₃					⑤ -(I - C ₃ - P ₃ D ₃)	0
税 金		⑥ -(I - C ₃ - P ₃ D ₃)				⑦ I - C ₃ - P ₃ D ₃	0
合 計	0	x ₃ d q ₃ - x ₄ d q ₄ -(I - C ₃ - P ₃ D ₃)	(y ₁₃ +y ₂₃) d q ₃ -(y ₁₃ +y ₂₃) d q ₄	z ₃ d q ₃ - z ₃ d q ₄	$\overline{x_4 d p_4}$	0	D ₃ d q ₃ + P ₃ D ₃ - C ₃ - I

場合には政府の補助を受けるという想定をしているので、差引ゼロとなる。世帯については、利用者便益分の一部が住宅地代上昇として移転してしまい、これに税負担増が加わった値となる。また、私企業および公企業についても、利用者便益から地代上昇損失を差し引いた残存便益となる。土地所有者については、所有している土地の地代上昇分がそのまま便益となる。最後に、政府については、補助金を税収でカバーしているので差引ゼロとなる。

ここで、各部門の受益額には注意を要する。すなわち、各部門は $v_q d q$ 、あるいは $d \pi$ なる変化分がその帰着便益であるが、これらのうちで表-2に示していない財2や財5等の価格変動による便益は、業務交通の消費者余剰の変動分とキャンセルされているので、帰着分析法で示した値（(5.15)式の①～④の値）と表-2に示す最下欄の値とは異なる。表-2は、あたかも他の価格変動がないときの各部門の利用者便益とその地代への移転を示している。しかし、特に地代への移転分を示すときには、この曖

昧さを残した本表による表現法が有効であると考えられる。正確な帰着便益を知ることも可能である。このためには、土地市場均衡に加えて、第2，第5の市場均衡式を導入すれば、結局、(5.15)式となる。この(5.15)式を表-2を拡張して帰着便益連関表とすればよい。

(3) 帰着便益連関表の実例

中京圏の長期鉄道網計画の帰着便益連関表を表-3に例示する¹⁷⁾。ここでは、表-2と異なり、現況の補助金制度のもとでの鉄道事業損失分、各種税収の増減、および補助を含めて現在価値換算値で計算されている。利用者便益の合計値59,667(=43,674+18,539-2,085-281)億円のうち、地代上昇に伴う土地所有者への移転分は53,038億円であり、利用者便益全体の89%となっている。また、53,038億円の開発利益のうちで、土地所有者が固定資産税や都市計画税として還元している額は8,862億円であり、開

表-3 帰着便益連関表の実例

現在価値計算値（単位：億円、割引率4%）

主体 項目	鉄道事業者	鉄道利用者	自動車利用者	バス利用者	土地利用者	土地所有者	鉄道沿線住民	行政体			合 計
								国	県	市町村	
建設費	-18,737										-18,737
運営費	6,645										-6,645
料金収入	9,597										9,597
利用者便益		43,674	18,359	-2,085							59,948
工事中の混雑			-281								-281
地代の上昇					-53,038						0
出資金	1,820								-1,820		0
補助金	5,178							-5,178			0
公害による被害							496				496
税金	ガソリン税		869					-834	-9	-26	0
	固定資産税	-218				-7,533		155	7,596		0
	都市計画税	-39				-1,329			1,368		0
	法人関係税	-2									0
合 計	-9,046	43,674	18,947	-2,085	-53,038	44,176	496	1,254			44,378
費用便益比 2.75 内部収益率 9.9%											

発利益全体の17%に過ぎないことがわかる。なお、自動車利用者便益とは、鉄道整備によって自動車利用者の一部が鉄道に転換したことによる道路混雑緩和の便益である。また、鉄道沿線住民の公害が減少する便益495億円は、鉄道沿線における道路混雑緩和による騒音・排ガスなどの公害が減少したことによるものである。その計測法は、一対比較形式によるアンケート調査結果より住民の効用関数を推定し、さらに騒音などと交通量との関係式を推定して、その便益を計測している。この効果も表-2では計上されていない。このような環境質の便益計測法の妥当性については8で述べる。

7. 代替道路の混雑緩和便益

代替道路の混雑緩和は、典型的な技術的外部効果 (technological external effects) である。技術的外部効果とは、市場を経由することなく、ある主体の行動が他の主体に与える影響をいう。交通の場合には、交通所要時間の短縮そのものが技術的外部効果であるが、これは、6で示したショートカット理論のよって計測されている。この他の重要な技術的外部効果には、次のような項目が考えられる。

- ①代替道路の混雑緩和。
- ②交通費用と交通所要時間以外の交通条件の向上。たとえば、公共交通の頻度、到着時間の確実性、乗換回数、混雑率、快適性、安全性の向上など。
- ③物流サービスの配達時間の短縮、確実性の向上、荷傷み率の減少、梱包作業の簡素化など。
- ④集積の利益 たとえば、新駅の周辺や新道路の沿線にさまざまな業務機能や店舗が立地する。その周辺の世帯や企業は、新駅や新道路を全く使わないけれども、集積した店舗などでの買物や業務に便利になる効果を集積の利益 (agglomeration economy) という。
- ⑤騒音、大気、水質などへの影響。

上記の5つのうちで、3で示した社会経済フレームで取扱えるものは①のみであり、他の4つは、全く私的財(③)あるいは公共財としての質(②, ④, ⑤)という要素を導入する必要があるので、8で述べる。ここでは、①が3で述べた理論に簡単に導入できることを示す。

代替道路の混雑改善便益の計測には、代替道路部門を導入する必要があるので、投資対象の交通部門3と区別して、代替道路交通に対してサフィックス n をつけ、家計、企業1、企業2、交通3の利用量を x_n, y_{1n}, y_{2n}, z_n とし、その総交通量を $D_n = x_n + y_{1n} + y_{2n} + z_n$ とする。なお、その交通価格 p_n の設定は自家用車の平均費用とする。すなわち、

$$S_n = p_n D_n - C_n = 0 \quad (7.3)$$

とする。ここで、投資対象の交通部門投資 I によって p_3 と t_3 の他に p_n と t_n が変化し、混雑緩和がなされるものとする。このとき、ショートカット公式は、

$$\begin{aligned} \Sigma EV = & \phi_{A \rightarrow B} \phi(q) [-D_3 d q_3 - D_n d q_n \\ & - \{d(p_3 D_3) - C_{303} d D_3\} - d I] \end{aligned} \quad (7.4)$$

ただし、 D_n ：道路部門の総交通需要曲線

となる。したがって、技術的な外部効果によって発生した代替道路の混雑緩和は、その道路の一般化交通費用に対して一般化消費者余剰を適用して計測すればよいことがわかる。

このように、市場を経由する貨幣的外部効果(波及効果)は対象とする交通市場の消費者余剰で計測されるが、市場を経由しない技術的外部効果は別途に計測する必要がある。その効果は、やはり技術的外部効果のある財の市場における消費者余剰として計測されることになる。また、この技術的外部効果を含めた帰着便益連関表の作成についても、6で示した方法をそのまま適用すればよい。

8. 質の導入（大規模リゾート開発の便益評価を中心に）

（1）質の意味

レクリエーション施設の質をはじめ、交通サービスの頻度や快適性、大気、騒音、水質、景観、自然・都市環境などの質改善は、企業や世帯の個別の主体には直接コントロールすることができない公共財（public goods）とみなすことができる。ここでは、大規模リゾート開発プロジェクトの効果とその便益評価理論を中心に述べる。なぜならば、近年、大規模リゾート開発は、国内では国民の生活環境向上と地域振興策として、また、海外では、この2つに加えて外貨獲得手段として脚光を浴びている。また、大規模リゾートは、市場メカニズムを経由する波及効果（＝貨幣的外部効果）も、また、市場を経由しない技術的外部効果もつ典型的なプロジェクトとみなすことができるからである。質が私的財として市場メカニズムによって決定される場合は8.（12）で、分析結果を他のプロジェクトに適用する際の考え方は8.（13）で言及する。

（2）公共財としての質向上の波及効果の定式化

再び、3. で示したモデルに従う。ここでは、財2をレクリエーション活動とみなし、その活動水準がレクリエーション施設の質的水準 r に依存するものとする。このことを示すために、効用関数(3.1a)、生産関数(3.5b)、(3.8b)および(3.11b)に質 r を導入し、次式のようにおきかえる。

$$u(x_{i1}, x_{i2}, x_{i3}, x_{i4}, \bar{x}_{i5} - t_2 x_{i2} - t_3 x_{i3} - x_{i5}, r) \quad (8.1a)$$

$$y_{11} = f_1(y_{12}, y_{13}, y_{14}, y_{15}, y_{15} - t_2 y_{12} - t_2 y_{13}, r) \quad (8.1b)$$

$$y_{22} = f_2(y_{21}, y_{23}, y_{24}, y_{25}, y_{25} - t_3 y_{23}, r) \quad (8.1c)$$

$$D_3 = g(z_1, z_2, z_3, z_4, z_5 - t_2 z_2 - t_3 z_3, r) \quad (8.1d)$$

財2を大規模レクリエーション活動とし、その施設の質的レベルを r としたとき、上式の解釈は以下のとおりである。

まず、(8.1a)において、世帯の効用関数に r があるのは自然である。 r によって、 x_{i2} の水準が変化する。したがって、 x_{i2} の支出や使用時間も変化するるので、予算制約により他財の量も変化する。

(8.1b)は、一般企業の生産性が対象とするレクリエーション施設によって向上することを示している。たとえば、R&D企業のように、よりよい生活環境が研究業務活動を向上させることを示す。レクリエーション関連産業としては、質の向上により多くの人が地域的に集中するので集積の効果があり、プロジェクトがないときと比較して同じ入力でより多くの生産が可能となる。したがって、質の向上は立地条件の向上とも解釈し得る。また、良好な会議場やゴルフ場のように、よりよい会議や接待が可能になるために、生産性が向上するとも考えられる。

(8.1c)は質 r のレクリエーションサービスを供給する部門であるが、質 r に応じた生産活動を必要とするという意味である。

最後に、(8.1d)は交通部門でも一般企業と同様な効果があり、また、他の公企業部門と同様、需要の地域的集中により生産性が向上すると考えられる。

以上は、レクリエーションと関連した解釈であるが、大気、水質、騒音、都市景観の場合は、もっと率直な解釈が可能である。たとえば、 r を水質とし、財2を水産業とすれば、ただちに、生産性の向上と考えられる。また、 r を大気とすると、 r が公共交通部門の補修経費増を与えるのは明らかである。

そして、政府の活動3.（6）は次のように書きかえられる。

政府部門は、世帯への課税 $s - I$ を財源として、投資 I を行ない、レクリエーション施設の質 r をコントロールする。このとき、市場均衡式(3.12)式は全く同じである。ただし、(3.12)式の x 、 y 、 z のいずれも r の関数となる。

3. (8) で述べた波及効果としては、投資を 0 から I に変化させ、また、ある施設のレベルを r^A を r^B に変化させたとき、交通部門以外の価格 (p_2 , p_4 , p_5) および利潤 $\pi_{i1} + \pi_{i2} + s_i$ が変化して、間接効用関数は $v^A \equiv v(q^A, \Omega^A_i, r^A)$ から $v^B \equiv v(q^B, \Omega^B_i, r^B)$ に変化すると考える。

(3) 帰着分析法と資産価値法の妥当性

世帯 i の純便益の定義式である(5.5)式は次式となる。

$$\begin{aligned} EV_i &= e(q^A, r^A, v_i(q^B, \Omega^B_i, r^B)) \\ &\quad - e(q^A, r^A, v_i(q^A, \Omega^A_i, r^A)) \\ &= \int_{v^A}^{v^B} \frac{\partial e_i}{\partial v_i} dv_i \\ &= \int_{A \rightarrow B} \sum_k \frac{\partial e_i}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial q_k} dq_k \\ &\quad + \frac{\partial e_i}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial \Omega_i} d\Omega_i \\ &\quad + \frac{\partial e_i}{\partial v_i} \frac{\partial v_i}{\partial r} dr \\ &= \int_{A \rightarrow B} e_{\Omega_i} \left[-\sum_{k=2}^4 x_{ik} dq_k + x_{i5} dp_5 \right. \\ &\quad \left. + d\Omega_i + \Omega_{ir} dr \right] \end{aligned} \quad (8.2)$$

$$\begin{aligned} \text{ただし、} \Omega_{ir} &\equiv (\partial \Omega_i / \partial r) \\ &\equiv (\partial v_i / \partial r) / (\partial v_i / \partial \Omega_i) \end{aligned}$$

また、5. (2) と同様に(8.3)式のような Gorman 型効用関数を仮定する。

$$v_i(q, \Omega, r) \equiv \xi_i(q, r) + \zeta(q, r) \Omega_i \quad (8.3)$$

ここで、質変化は一般化交通価格とレクリエーション活動の所要時間を変化させないので $d q_3 = 0$ 、 $d t_2 = 0$ であることに注意すると、社会的純便益は、

$$\begin{aligned} \Sigma EV &= \oint_{A \rightarrow B} \phi(q, r) \\ &\quad [-x_2 dp_2 - x_4 dp_4 + x_5 dp_5 \\ &\quad + \Omega_r dr + \bar{x}_4 dp_4 + d\pi_1 + d\pi_2 \\ &\quad + ds - dI] \end{aligned} \quad (8.4)$$

ただし、 $\phi = [\zeta(q, r) / \xi(q^A, r^A)]$ 。

(8.4)式は、 r の質変化の社会的純便益の帰着形である。資産価値法の妥当性は、5. (4) で示した考え方をそのまま適用すればよい。すなわち、

$$\begin{aligned} d\pi_1 &= -y_{12} dp_2 - y_{14} dp_4 - y_{15} dp_5 \\ &\quad + \pi_{1r} dr \end{aligned} \quad (8.5a)$$

$$\begin{aligned} d\pi_2 &= -y_{22} dp_2 - y_{24} dp_4 - y_{25} dp_5 \\ &\quad + \pi_{2r} dr \end{aligned} \quad (8.5b)$$

$$\begin{aligned} -dC_3 &= -z_2 dp_2 - z_4 dp_4 - z_5 dp_5 \\ &\quad - C_{3r} dr - C_{3D3} dD_3 \end{aligned} \quad (8.5c)$$

となる。(8.5)式を(8.4)式に代入して整理すると、(5.15)式の①～④の各項に(8.5)式の dr の項を付加した形となり、やはり、small-open の仮定が成立すれば資産価値の増加分として便益を計測することができる。この具体的な計算例は、肥田野(1987)にみられる¹⁸⁾。

(4) ショートカット形

5. (5) と全く同様に市場均衡式を代入すると次式のショートカット形を得る。

$$\begin{aligned} \Sigma EV &= \oint_{A \rightarrow B} \phi(q, r) [\{ \Omega_r + (\pi_{1r} + \pi_{2r}) \\ &\quad - C_{3r} \} dr + (p_3 - C_{3D3}) dD_3 - dI] \end{aligned} \quad (8.6)$$

ここで、 Ω_r 、 $(\pi_{1r} + \pi_{2r})$ および $(-C_{3r})$ は、

それぞれ、世帯、私企業および公企業の質 r の限界価値、 $(p_3 - C_{3D3}) d D_3$ は交通価格が限界費用に一致していないために生じる社会的便益または費用、また、 $d I$ は投資額を示す。このように、質変化の場合も全ての波及効果が消費者余剰と生産者余剰が一致するためにキャンセルされて、その社会的便益は質 r の限界価値のみの積分形で表すことができる。とくに、他財のみならずレクリエーションサービスの価格が市場均衡で決定されている場合には、その価格変化による消費者余剰と生産者余剰の変化分がキャンセルされるので、レクリエーションサービスの価格変化そのものを便益計算の対象から除外してもよいという事実を(8.6)式は示している。

次に、(8.6)を計測するためには、(5.21)と全く同様に2次項までテーラー展開する。そして、(5.21)式の第2項に相当する項を無視できるものとする、

$$\begin{aligned} \Sigma E V \approx & \frac{1}{2} [(\Omega^A_r + \pi^A_{1r} + \pi^A_{2r} - C^A_{3r}) \\ & + (\Omega^B_r + \pi^B_{1r} + \pi^B_{2r} - C^B_{3r})] \Delta r \\ & + [P_3 - \frac{1}{2}(C_{3D3}^A + C_{3D3}^B)] \Delta D_3 - I \end{aligned} \quad (8.7)$$

ただし、 $\Delta r = r^B - r^A$ 、

$$\Delta D_3 = D_3^B - D_3^A$$

となる。(8.7)式では、限界価値が(5.21)式の第2項を無視した需要関数に対応した形になっていることがわかる。そこで、(8.7)式の()内で示す社会的限界価値を $M_r(q, \Omega, r)$ で示すと、第1項は、図-5の斜線の面積で示すことができる。第2項は、図-6の斜線の面積で示すことができる。

最後の課題は、限界価値の推定法である。これは r が示す内容によって異なるが^{19), 20), 21)}、主にレクリエーション施設の場合を念頭において述べる。ただし、近似式の誘導には、(5.21)式の第2項に相当する項を無視できるものと仮定する。

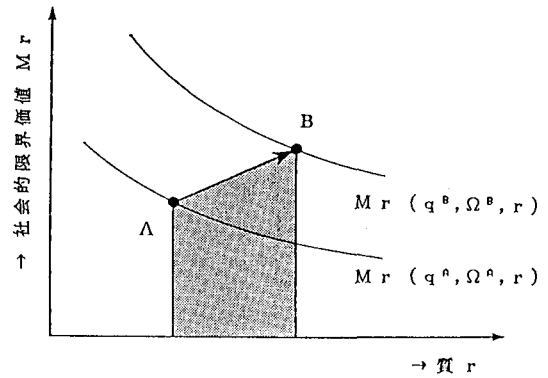


図-5 質変化の社会的便益(1)

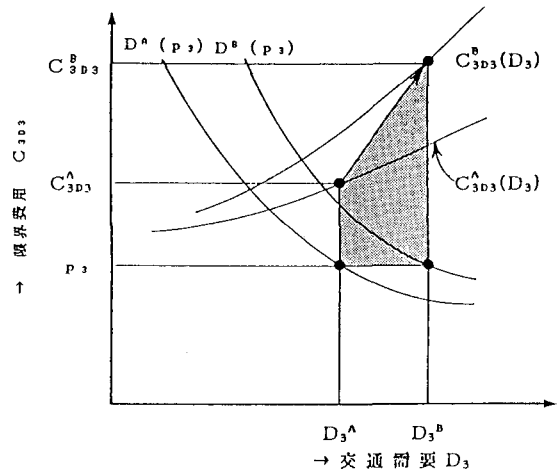


図-6 質変化の社会的便益(2)

(5) 世帯の価値 $\Omega_r \Delta r$ の計測方法

(a) $\Omega^A_r \Delta r$ の計測

$\phi(q^A, r^A) = 1$ であるから、

$$\begin{aligned} \Omega^A_r \Delta r &= \phi(q^A, r^A) \Omega^A_r \Delta r \\ &\approx \int_{r^A}^{r^B} \phi(q^A, r) \Omega_r(q^A, r) dr \\ &= \int_{r^A}^{r^B} \frac{\partial e}{\partial v} \frac{\partial v}{\partial \Omega} \frac{\partial \Omega}{\partial r} dr \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= e(q^A, r^A, v(q^A, \Omega^A, r^B)) \\
 &\quad - e(q^A, r^A, v(q^A, \Omega^A, r^A)) \\
 &\equiv e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2^A, \Omega^A, r^B)) \\
 &\quad - e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^B)) \\
 &\quad + e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^B)) \\
 &\quad - e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^A)) \\
 &\quad + e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^A)) \\
 &\quad - e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2^A, \Omega^A, r^A)) \\
 &= \int_{p_2^A}^{\infty} \{ \phi(\tilde{q}^A, p_2, r^B) \\
 &\quad \times x_2(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^B, r^B) \\
 &\quad - \phi(\tilde{q}^A, p_2, r^A) \\
 &\quad \times x_2(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^A) \} dp_2 + E_A \\
 &= \frac{1}{2} \{ x_2(q^A, \Omega^A, r^B) - x_2^A \} \\
 &\quad (\infty p_2 - p_2) + E_A \quad (8.8)
 \end{aligned}$$

ここに、

$$\begin{aligned}
 E_A &= e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^B)) \\
 &\quad - e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^A, r^A)) \quad (8.9)
 \end{aligned}$$

ただし、 $\tilde{q}^A$ はレクリエーション活動を除く一般化価格ベクトル $\equiv (1, q^A_3, p^A_4, q^A_5)$ 、 p_2^{∞} は、 x_2 がゼロになってしまうほど高いレクリエーション施設の入場料を示す。

(8.8)式は、 $\Omega^A_r \Delta r$ の r のみが変化して、 q^A および Ω^A で示される波及効果(q と Ω の変化)がない場合を想定していることに注目している。

そこで、 r^B と r^A のそれぞれの場合のレクリエーション需要 x_2 がゼロになってしまうような非常に高い入場料に相当する支出関数の値を加減する。その近似計算すると、(8.8)式のようになることを示

している。第1項は、図-7の斜線の面積、すなわち、レクリエーション需要の質変化に対する消費者余剰の増分として表現することができることを示している。第1項は、実際に施設を利用したときの便益であるから、 $\Omega^A_r \Delta r$ の利用者便益とよぶ。

第2項 E_A は、入場料が無限大であってもさらに存在する便益を示すので、これを $\Omega^A_r \Delta r$ の存在効果とよぶ。

この存在効果は、必ずしも利用者便益と比較して無視できそうもない。なぜならば、レクリエーション施設の近隣に住む世帯にとって、そのレクリエーション施設そのものを利用しないが、周辺の散歩や住宅からの景観の向上に著しい便益をもたらす可能性があるからである。また、自然環境保護の存在効果としても解釈可能である。すなわち、たとえば、ブラジルのアマゾンには、仮に、大気浄化能力を無視したとしても、その広大なジャングルが存在し、さまざまな動物が生息しているという事実を思い浮かべるだけで、保存に値すると考える自然保護者は多い。この便益は、まさに E_A で計測されることになる。

計測可能性は、景観のように立地条件に依存する度合に比例する。まず、アマゾンのように完全に知識のみに依存する場合には、さまざまな仕様のアンケートによって支払い意識額を推定する。あるいは、利用できる顕在化した行為として、アマゾン保存運動に対する有志の奉仕活動の時間や実際の寄付金額や運動予算を、その最小値とする方法である。

一方、景観のように住宅の立地条件の重要な要素である場合には、原則として計測可能である。第1の方法は、先に述べたように、small openの仮定が成立するときには、資産価値法が適用できる⁸⁾。

第2の方法は、住宅の(逆)需要関数に対する質変化の消費者余剰の増分を計算する方法である。これは、(8.8)において n 財を導入して p_n を住宅サービス1単位当りの価格としたとき、 p_n について、(8.8)を誘導した際と全く同じ手順を踏めば、図-

7において、レクリエーション需要-価格曲線の代わりに、住宅需要曲線を用いることにより、計算可能である。なお、形式的には、住宅に対する消費者余剰に対しても、さらに、存在効果が残るが、これはゼロと仮定してよいであろう。

第3の方法は、住宅立地行動の実測やアンケートによって効用関数を推定する方法であり、この場合は、利用便益と存在便益の分離が可能であるように効用関数形を特定化する必要がある²¹⁾。

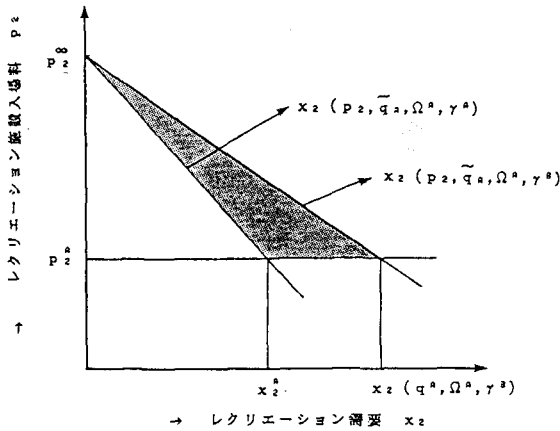


図-7 $\Omega_r \Delta r$ の計測

(b) $\Omega^B_r \Delta r$ の計測法

今度は、Bを基準に考えてB→Aの変化を考える。そして、それにマイナスをつければよい。すなわち、

$$\begin{aligned} \Omega^B_r \Delta r &= - \frac{\zeta(q^B, r^B)}{\zeta(q^B, r^B)} \Omega^B_r \Delta r \\ &= e(q^B, r^B, v(q^B, \Omega^B, r^B)) \\ &\quad - e(q^B, r^B, v(q^B, \Omega^B, r^A)) \\ &\approx \frac{1}{2} [x_2^B - x_2(q^B, \Omega^B, r^A)] \\ &\quad \times (p_2^B - p_2^\infty) + E_B \end{aligned} \quad (8.10)$$

ここに、

$$\begin{aligned} E_B &= e(q^B, r^B, v(\tilde{q}^B, p_2^\infty, \Omega^B, r^B)) \\ &\quad - e(q^B, r^B, v(\tilde{q}^B, p_2^\infty, \Omega^B, r^A)) \end{aligned} \quad (8.11)$$

(8.10)式は、図-7において、 r^A 、 r^B 以外のスーパースクリプトAをBとしたものに等しい。

(6) 企業1の価値 $\pi_{1r} \Delta r$ の計測法

企業1は、レクリエーション需要者である。そこで、レクリエーション活動に注目する。家計と同様の変形を行なうと

$$\begin{aligned} \pi_{1r} \Delta r &\approx \int_{r^A}^{r^B} \frac{\partial \pi_1}{\partial r} dr \\ &= \pi_1(q^A, r^B) - \pi_1(q^A, r^A) \\ &= \int_{p_2^A}^{p_2^\infty} [y_{12}(\tilde{q}^A, p_2, r^B) \\ &\quad - y_{12}(q^A, p_2, r^A)] dp_2 + E \pi_{1A} \end{aligned} \quad (8.12)$$

ただし、

$$E \pi_{1A} = \pi_1(\tilde{q}^A, p_2^\infty, r^B) - \pi_1(\tilde{q}^A, p_2^\infty, r^A) \quad (8.13)$$

一方、 $\pi_{1r}^B \Delta r$ は、世帯の場合と同様にして、

$$\begin{aligned} \pi_{1r}^B \Delta r &= \int_{p_2^B}^{p_2^\infty} [y_{12}(\tilde{q}^B, p_2, r^B) \\ &\quad - y_{12}(\tilde{q}^B, p_2, r^A)] dp_2 + E \pi_{1B} \end{aligned} \quad (8.14)$$

ただし、

$$E \pi_{1B} = \pi_1(\tilde{q}^B, p_2^\infty, r^B) - \pi_1(\tilde{q}^B, p_2^\infty, r^A) \quad (8.15)$$

として、与えられる。

家計の便益と同様、(8.12)式の第1項は図-8の斜線の面積、すなわち、企業1のレクリエーション施設利用者便益を示し、第2項は、存在便益を示している。家計の場合とは異なり、企業の場合には、一般化所得 Ω が利用に影響を与えていないので、(8.12)式および(8.14)式の第1項、すなわち、企業のレクリエーション需要曲線の消費者余剰の増分を、直接計測することができる。もちろん、近似計算として、テーラー展開を行うことも可能である。

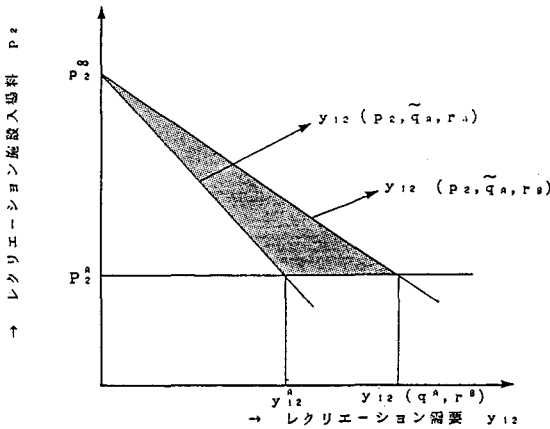


図-8 $\pi_{1r}^A \Delta r$ の計測

なお、(8.14)式は、図-8における r^A 、 r^B 以外のスーパースクリプトAをBにおきかえたものに等しい。

(7) 企業2の価値 $\pi_{2r} \Delta r$ の計測

企業2は、レクリエーションサービスの供給者であるので、供給活動に注目する。

$$\begin{aligned} \pi_{2r}^A \Delta r &\equiv \pi_2(q^A, r^B) - \pi_2(q^A, r^A) \\ &= \int_{p_2^0}^{p_2^A} [y_{22}(\tilde{q}^A, p_2, r^B) \\ &\quad - y_{22}(\tilde{q}^A, p_2, r^A)] dp_2 + E\pi_{2A} \end{aligned} \quad (8.16)$$

ただし、 p_2^0 は、レクリエーションサービスを全くやめてしまう程の低い価格を増し、

$$E\pi_{2A} = \pi_2(\tilde{q}^A, p_2^0, r^B) - \pi_2(\tilde{q}^A, p_2^0, r^A) \quad (8.17)$$

と表される。(8.16)式は、図-9に示すように質向上に伴う生産者余剰の増大に他ならない。この質向上の生産者余剰を計測するためには、供給曲線を推定せねばならない。供給曲線を推定することが比較的困難な場合には、質変化によってレクリエーション部門の収入と費用とがどれだけ変化するかを直接予測して、その利潤の変化分を生産者余剰とした方が計算しやすい場合が多い。この方法はとりもなおさず、(8.16)式の最初の等号の右辺($\pi_2(q^A, r^B) - \pi_2(q^A, r^A)$)を直接計算することに他ならない。また、(8.17)式は、レクリエーション供給主体2の存在効果であるが、これは、利用者と異なり、無視し得ると考えられる。

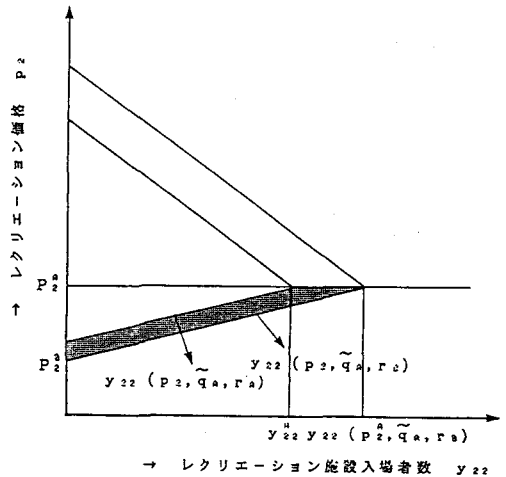


図-9 レクリエーション供給部門の価値

また、 $\pi_{1r}^B \Delta r$ も同様に、

$$\begin{aligned} \pi_{2r}^B \Delta r &= \int_{p_2^0}^{p_2^B} [y_{22}(\tilde{q}^B, p_2, r^B) \\ &\quad - y_{22}(\tilde{q}^B, p_2, r^A)] dp_2 + E\pi_{2B} \end{aligned} \quad (8.18)$$

ただし、

$$E \pi_{2B} = \pi_2(q^B, p^0_2, r^B) - \pi_2(q^B, p^0_2, r^A) \quad (8.19)$$

(8) 公企業部門の価値 $C_3, \Delta r$ の計測

公企業を代表する交通部門もレクリエーション需要者であるから、基本的な取り扱い方は、生産部門 1 と同じである。しかし、交通部門は、交通需要を満足するという条件下の需要関数（需要需要関数）となり、以下の公式となる。

$$C^{(1)}_{3r} \Delta r = \int_{p^A_2}^{\infty} [z_2(\tilde{q}^{(1)}, p_2, D^{(1)}_3, r^B) - z_2(\tilde{q}^{(1)}, p_2, D^{(1)}_3, r^A)] dp_2 + EC^{(1)}_3 \quad (8.20)$$

$$\begin{aligned} \text{また、} EC^{(1)}_3 &= C_3(q^{(1)}, p_2, D^{(1)}_3, r^B) \\ &\quad - C_3(q^{(1)}, p_2, D^{(1)}_3, r^A) \end{aligned} \quad (8.21)$$

ただし、

$$1 = A, B$$

$EC^{(1)}_3$ も、また、存在効果を示す。

(9) 一般価格アプローチによる利用者便益の計算

8. (5) ~ (8) で示した計測法は、いずれも、需要がゼロになるような高い（低い）価格（ p^∞ あるいは p^0 ）設定をせねばならない。このような非現実的な価格の設定は、困難な場合が多い。また、仮に可能であっても、その需要曲線の質変化によるシフト分による消費者余剰の増大の計測は、精度が落ちる可能性がある。そこで、本節では、交通でよく使用される一般化価格アプローチを質向上の便益計測に用いることができないか？、そして、交通時間

節約便益を図-4 で示した台形の面積で計算したのと同様な方法で、質の利用者便益評価を行なう方法は考えられないか？という問を提起したい。この問に対して、一般化価格を合理的に推定することができれば、可能であり、かつ、多くの場合はむしろ望ましいと答えることができる。

ここでは、家計の質向上の便益を例にとる。企業の場合は、下記の間接効用関数を利潤関数または費用関数におきかえることによって、以下の理論そのまま成立する。

さて、(8.8)式において、第4番目の等式に注目すると、

$$\begin{aligned} \Omega^A_r \Delta r &\approx e(q^A, r^A, v(q^A, \Omega^A, r^B)) \\ &\quad - e(q^A, r^A, v(q^A, \Omega^A, r^A)) \end{aligned} \quad (8.8)$$

あった。そこで、 r の変化に対して、最も敏感に反応する財 (2) をとり、次式を満足する $p_2(r^B)$ なる価格を求めることができるものとする。

$$\begin{aligned} v(\tilde{q}^A, p_2(r^B), \Omega^A, r^A) \\ = v(\tilde{q}^A, p^A_2, \Omega^A, r^B) \end{aligned} \quad (8.22)$$

すなわち、 $p_2(r^B)$ は、質変化後 r^B の効用 ((8.22)式の右辺) を維持するという条件のもとで $r^A \rightarrow r^B$ の変化をあきらめるのに必要と消費者が考える（より低い）財 2 の価格を示している（図-10参照）。ただし、図-10における $v(r^{(1)})$ ($1 = A, B$) は、それぞれ、効用レベル $v(q^A, \Omega^A, r^1)$ ($1 = A, B$) の等効用曲線を示す。この $p_2(r^B)$ がわかるとすると次式を得る。

$$\begin{aligned} \Omega^A_r \Delta r &\approx e(q^A, r^A, v(\tilde{q}^A, p_2(r^B), \Omega^A, r^A)) \\ &\quad - e(\tilde{q}^A, r^A, v(q^A, p^A_2, \Omega^A, r^A)) \\ &= \int_{p^A_2}^{p_2(r^B)} \phi(\tilde{q}^A, p_2, r^A) \times \\ &\quad \times z_2(\tilde{q}^A, p_2, \Omega^B, r^A) dp_2 \end{aligned}$$

$$= \frac{1}{2} [x_2(q^A, p_2(r^B), \Omega^A, r^A) + x_2^A] [p_2^A - p_2(r^B)] \quad (8.23)$$

(8.23)式は、図-11に示す台形の面積に他ならない。

すなわち、交通価格変化の場合と同様に、質変化の限界価値は、質変化と等価な価格変化($p_2(r^B) - p_2$)を発見できれば、交通価格変化と全く同様の台形の公式を適用して計測することができることを示している。 $p_2(r^B)$ を知るには、一般化価格を推定せねばならない。このように、さまざまな財の質によって変化する価格はhedonic priceともよばれ、所要時間、快適性、その他の質を価格に換算したものに他ならない。これは、交通ではよく機関分担やOD量を媒介して推定されている。また、土地利用に際しては、地価関数として推定されるものである。この方法も、また、多くの場合有効と思われる。

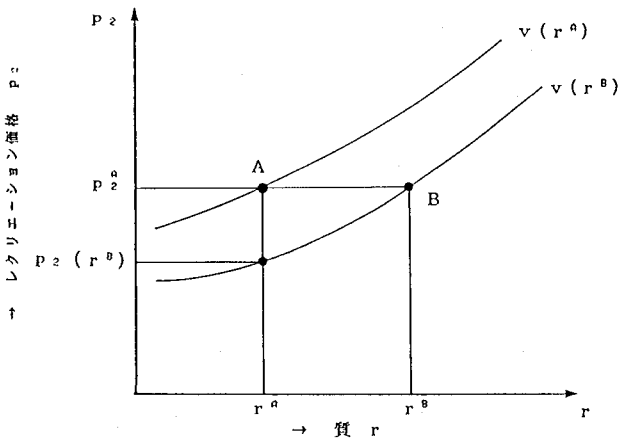


図-10 $p_2(r^B)$ の概念図

(10) レクリエーション施設の質向上便益の計測法

以上より、公共財としてのレクリエーション施設の質の向上の利用者便益は、世帯、企業、公共部門をとわず、その総レクリエーション需要に注目して、

以下の手順を踏めばよいことがわかる。

- ①レクリエーション価格以外の価格を、それぞれ、変化前および変化後に固定する。
- ②それぞれの場合の質変化に伴うレクリエーション需要の消費者余剰の増分を図-7または8、あるいは、図-11のいずれかの方法を用いて計算する。変化前後の値が異なる場合にはその平均値をとる。
- ③それぞれの場合の質変化に伴うレクリエーション供給の生産者余剰を図-10、または、利潤変化として計算する。両者が異なる場合はその平均値をとる。
- ④2)と3)の合計を社会的利用者便益とする。
- ⑤公共部門に損失や利益の増分があると思われる場合には、これを④に加える。
- ⑥住宅立地条件としての存在効果が大きいと思われる場合には、さらに、住宅需要曲線を求め、これに対して①～④の手続きを繰り返す。そして、④と⑤の合計を社会的便益とする。

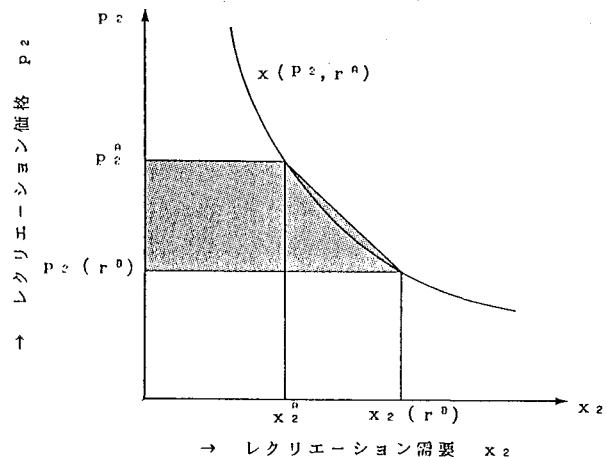


図-11 (8.23)式の第1項

(11) 既往のレクリエーション便益に関する研究との関連性

日本ではほとんどないが、欧米でのレクリエー

ジョン便益に関する研究は1960年代に始まる。一名、travel cost method とよばれる。最初に、Knetch and Clawson(1966)が公園のレクリエーション便益の計算法を推定した。これとは独立に、Steavens(1964)は、水質改善のレクリエーション便益計測法として、レクリエーション需要のシフトに着目した推定法をはじめて適用した。1970年代は環境問題がクローズアップされMaler(1974)がSteavensの方法をより理論的に根拠づけた。最近では、Freeman III(1988)がこれら約25年間の研究展望を与えている。

これらの従来の研究は、第1に、いずれも、その波及効果には全く注目していない。したがって、本研究で述べた限界価値の計測法を開発した研究であると位置づけることができる。これに対して、本稿では、明示的にその波及効果がキャンセルされることを示した。

第2に、既往のいずれの研究も、通常需要関数から近似的に計測する方法の開発を行っている。すなわち、支出関数を価格で直接微分して、Hicksの補償需要関数を誘導し、公園のような場合には、所得レベルが需要に影響しないので、Hicksの補償需要関数は、通常の市場(マーシャルの)需要関数に一致するであろうと述べているのにすぎない。これに対して、本稿では、明示的に、2次テーラー展開によって、近似的に通常市場需要関数を用いて消費者余剰を計測することができることを示した。

第3に、本研究では、既往の研究のように価格 ∞ であるような非現実的な場合を想定せずに、むしろ、質変化を等価な一般価格変化に変換して、これに台形の公式をあてはめる方式を提案した。

第4に、既往の研究では、下記8.(12)で述べるように、私的財としての質変化の便益は、公共財としてのそれとは異なり、消費者余剰と生産者余剰とがキャンセルされてしまうことを示していない。

(12) 私的財としての質の取扱い

以上の8.(11)までは、全て、公共財としての質を前提に分析を進めた。しかし、たとえば、宅急便や、レクリエーション施設、土地などのようにその一部分であっても、私企業が需要者の好みに応じた質の供給を行なうことが考えら得る。このとき、市場メカニズムで質の決定がなされるのであるから、均衡価格変化と同様に消費者余剰と生産者余剰がキャンセルされ、その市場的質変化の波及効果をも無視できるのではないか?という当然の問を提起することができる。これに対して、yesと本稿は答える。その理由は、以下のとおりである。

私的財としての質のコントロールを明示的に示すには、8.2において(8.1)式はそのままにして、財2の価格を質 r の関数として $p_2(r)$ とする。そして、まず、 r のレベルを最初に与件とした時の、各経済主体の行動を考え、かつ、市場均衡を考える。ここまでは、8.(2)の述べたモデルそのまま成立する。したがって、 r が市場で決定されるにしても、ショートカット公式(8.6)式は成立する。

このときの達成可能な効用レベルである効用関数と、利潤関数および費用関数は、次式で与えられる。

$$v = v(\tilde{q}, p_2(r), \Omega, r) \quad (8.24a)$$

$$\pi_1 = \pi_1(\tilde{q}, p_2(r), r) \quad (8.24b)$$

$$\pi_2 = \pi_2(\tilde{q}, p_2(r), r) \quad (8.24c)$$

$$C_3 = C_3(\tilde{q}, p_2(r), D_3, r) \quad (8.24d)$$

r の決定は、 r に対する需要者のつけ値関数(bidding price function)と供給者のそれとが一致し、かつ、その接線が一致するように決定される(図-12参照)。

つけ値関数は、(8.24)の左辺の値を与えたときの

$p_2(r)$ に関する逆関数であり、その微係数を計算するには、(8.24)式の左辺を一定と考えて、 r に関して微分すると次式を得る。

$$v_{p2} p_{2r} + v_r = -v_{\Omega} x_2 p_{2r} + v_r = 0 \quad (8.25a)$$

$$\pi_{1p2} p_{2r} + \pi_{1r} = -y_{12} p_{2r} + \pi_{1r} = 0 \quad (8.25b)$$

$$\pi_{2p2} p_{2r} + \pi_{2r} = y_{22} p_{2r} + \pi_{2r} = 0 \quad (8.25c)$$

$$-C_{3p2} p_{2r} - C_{3r} = -z_2 p_{2r} - C_{3r} = 0 \quad (8.25d)$$

ただし、サフィックス p_2 、 r および Ω は、 p_2 、 r および Ω に関する偏微係数を示す。

(8.25)を整理し、 $\Omega_r = v_r / v_{\Omega}$ であることに注意すると、

$$-(x_2 + y_{12} + z_2 - y_{22}) p_{2r} + \Omega_r + \pi_{1r} + \pi_{2r} - C_{3r} = 0 \quad (8.26)$$

(8.26)式の第1項は市場均衡条件によってゼロとなるので、結局、次式を得る。

$$\Omega_r + \pi_{1r} + \pi_{2r} - C_{3r} = 0 \quad (8.27)$$

これが、 r が市場で均衡する条件式である。ところが、(8.27)式は、質のショートカット公式(8.6)式における第1項がゼロになることを示している。

このように、もし、質の決定が価格と同時に市場メカニズムによって決定されるときには、その質変化の便益も、技術的外部効果ではなく、貨幣的外部効果である波及効果の特性を示し、便益計測に際しては無視してよいことになる。

したがって、あるサービスの質が市場で決定されているか、または、公共財として各経済主体が直接コントロールできないものであるかの判断が重要となる。市場で決定されている典型例は、物流サービスと思われる。また、住宅にしても、その建物そのものの質は市場で決定されるが、交通条件その他の立地条件は、公共財と考えねばならないものと思われる。

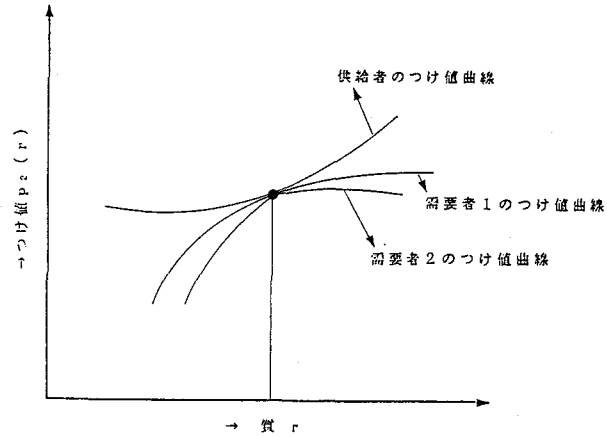


図-12 質 r の市場メカニズムによる決定

(13) 適用分野

(5)～(12)で示した各主体の質変化便益の計測法は、技術的外部効果計測法の基本ともよぶことができるほど応用範囲が広い。表-4は、その応用できるプロジェクト分野別技術的外部効果の項目、質 r を示す指標、質変化の消費者余剰と生産者余剰を計測する対象として適当であると思われる財やサービスの例を示している。

たとえば、7.で述べたように交通プロジェクトは、交通価格と所要時間以外の交通条件（頻度、乗換え、所要時間の信頼性、安全性、快適性、混雑度）などを变化させる。これらの質変化の便益計測のために、交通条件そのものを r として測定し、交通需要曲線の交通条件 r によるシフト分を予測し、図-7（あるいは8）の斜線部分の面積を計算すれば質向上の利用者便益を計測することができる。または、一般化価格表示ができるときには、等価な価格変化を考えて、図-11のように台形の面積で計測することもできる。一方、生産者余剰分は、その質向上による交通部門の利潤変化分を計測すればよい。

表-4 質 r の解釈と消費者余剰分析の適用法

プロジェクト の分野	計 測 項 目 の 例	質 r の表示法の例	消費者余剰分析の 対象財の例
交 通	・交通条件（費用と時間外）	・左に同じ	・交通
	・集積の利益	・店舗床面積（密度） ・業務床面積	・買物交通 ・業務交通
都市施設	・業務地開発	・業務環境指標	・業務用床面積
	・住宅地開発	・歩行空間の質（景観）	・歩行者数
	・レクリエーション開発（公園を含む）	・立地条件	・住宅面積
	・社会的文化厚生施設	・施設の質 ・施設の質	・入込客数 ・入込客数
防 災	・洪水・高潮対策	・規模別発生確率	・想定被災地への立地需要
	・渇水対策	・規模別発生確率	・同上
	・危険物対策	・危険物の事故発生確率	・同上
環 境	・騒音	・騒音レベル	・土地需要
	・大気 健康 汚れ レクリエーション	・病気死亡確率 ・汚れ率 ・大気質	・土地需要 ・土地需要（追加費用） ・入込客数
	・水質 衛生 レクリエーション	・病気率 ・水質	・土地需要 ・入込客数

また、交通プロジェクトは、交通条件の改善によって、物流価格変化と物流サービスの向上をもたらす。もし、価格とサービスの質の両者が市場メカニズムによって決定されているとみなし得るならば、この変化は典型的な波及効果であるから、既に4.で述べたショートカット公式(5.21)式に折込む済みであり、再度計上することは二重計算になる。

さらに、7.で述べた集積の利益の計測も公共財的質変化と考えられるので、本章で述べた方法によって計測可能である。この場合は、新駅や新道路沿線周辺の、たとえば、業務床面積を質向上の指標とする。そして、この沿線周辺地域への目的別着交通量を質変化（あるいは等価価格変化）の消費者余剰計測対象とする。買物を例にとると、店舗面積の拡大により品並えという質の向上があり、この質

の向上によって、買物交通が当該地域に集中する便益を消費者余剰の増大として計測することができる。

第2の適用分野は、土地利用関係のプロジェクトである。レクリエーション開発は、既に述べたので、ここでは、業務地開発を考える。この典型として、駅前の再開発を想定する。業務地開発は、いわゆる、オフィス環境の改善に他ならない。そこで、オフィスとしての立地条件を質と考える。たとえば、前面道路幅員、歩道、交通、情報設備、建物の大きさなどが考えられる。この効果は2つである。すなわち、入居するオフィス需要者の便益と、その周辺を歩行する際の景観の向上である。前者については、まさに、オフィス需要曲線の消費者余剰の質向上による（あるいは等価オフィス面積あたりの価格のよる）増加分として計測され、後者は、歩行者数という歩

行需要関数を推定すればよい。なお、開発前は、全く、オフィスとしてとして使用不可能な場合が多いが、この場合は、需要をゼロと考えればよい。住宅開発も、同じく、その立地条件を質と考えて、住宅需要関数を質の関数として表現すればよい。土地利用プロジェクトの場合は、むしろ、床価格や住宅価格が質の向上の関数であるから、質変化と等価な一般化価格関数を推定して、これに台形の公式を当てはめる方がより適用性が高いと考えられる。

第3の適用分野は、洪水、高潮、渇水などの防災である。これらは、防災の規模別発生確率を質と考え、この想定被災地への用途別土地需要の消費者余剰の質による変化分、あるいは、等価な地価上昇分を推定して、これに対する需要量を推定して台形の面積を適用することができる。

第4の適用分野は、自然環境である。これも、防災と同じく、大気、騒音、水質のレベルは、原則として、局地的であるから、そこに立地する業務機能や住宅の立地条件の1つと考え、立地条件と地価とを変数とする土地需要関数（あるいは等価な地価関数）を考えればよい。この土地需要関数を推定するために、現在の手法では、立地したとしたとき、大気、騒音、水質によって追加的に必要となる支出費用の推定、地価関数の推定などがなされていると考えることができる。唯一の例外は、水質変化によるレクリエーション価値上昇の計測である。この効果は、8.で述べたレクリエーション便益の理論をそのまま適用すればよい。

9. 結 論

本研究では、公共プロジェクト評価の中心理論である費用便益分析と帰着便益分析に関する考察を行った。その結果を要約すると次のとおりである。

(1) 公共交通プロジェクトの効果を、直接、波及、外部効果という概念で捉え、直接、波及および外部効果は市場メカニズムを通じて、全て、社会を構成

する世帯の効用変化として帰着する見方を提案した。

(2) 世帯の効用の変化分を貨幣タームで計測した純便益の定義としては、提案されているものの中では等価的偏差(EV)が最善であることを示した。しかし、その社会的合計である ΣEV が正であれば、プロジェクトを採用するという $\Sigma EV > 0$ 基準は、社会的効率基準の定義である補償基準の十分条件とはなり得るが、必要条件にはなり得ないという性質を有する。このため、たとえ、社会的効率性を向上させるプロジェクトであっても $\Sigma EV < 0$ となってしまう、このプロジェクトを棄却する可能性をもっている。この意味で、 $\Sigma EV > 0$ 基準は保守的すぎる。社会的効率性基準の必要十分条件となり得るような純便益の新しい定義が望まれる。

(3) 公共プロジェクトが他財の市場均衡価格と均衡所得に与える影響、すなわち、波及効果(=貨幣的外部効果)は、便益計測上は、各財の消費者余剰と生産者余剰がキャンセルするとみなすことができるので無視してよい。ただし、他財の価格および所得変化が公共プロジェクトの産出するサービスへの需要(交通プロジェクトの場合は交通需要、レクリエーションプロジェクトの場合はレクリエーション需要、土地利用プロジェクトの場合は土地需要)に与えるインパクトは予測する必要がある。

(4) 波及効果を含む広義の利用者便益は、投資対象となったプロジェクトの産出物に対する需要曲線に着目することによって計算可能である。

(5) 産出物の価格規制があり、その価格変化がある場合には、プロジェクト有無両場合の価格とそれに対する需要量を予測し、これに対して、台形の公式を適用すればよい。

(6) 所要時間、その他の質変化がある場合には、その質変化が、私的財として市場メカニズムによって決定されている場合と、公共財的に経済主体が直接にはコントロールできないものであるかを判別する必要がある。前者の場合は、上記(3)の価格変化と全く同様に無視してよい。後者の場合には、2

つの方法が適用可能となる。第1の方法は、質変化と等価な一般化価格の変化分を予測し、これに対して、(5)と同様に台形の公式を適用する。第2の方法は、質変化による需要曲線のシフトを予測し、これに対する消費者余剰の増分を便益とする方法である。

(7) 外部効果(=技術的外部効果)は、広義の利用者便益とは別個に計測して加算せねばならない。この外部効果は、価格が市場メカニズムが働かず制度的に決定されている場合と、交通プロジェクトの代替道路混雑緩和、集積利益、環境への影響などのように、市場均衡メカニズムを経由することなく、そのサービスや財の質に影響を与える場合からなる。前者は、その部門の利潤(あるいは損失)の変化で計測する。後者は、上記(6)と同じ方法を適用すればよい。

(8) 公企業部門のプロジェクトの場合には、当該企業部門の利潤(あるいは損失)の変化分を供給(不)便益として計測し、これも、加算せねばならない。

(9) 社会的便益は、広義の利用者便益((5)+(6))、外部便益((7))、供給者便益((8))を加えたものとし、社会的純便益は、これから、投資額と計上されていない維持管理費用を差し引けばよい。

(10) 以上の社会的純便益は地価上昇として地主に移転、帰着する。そのメカニズムを一覧表に示す帰着便益連関表を作成することを提案した。

以上は、本稿の主な結論であるが、残された課題も多い。それらを列挙すると次の通りである。

(1) 等価的偏差による便益の定義は完全無欠ではない。社会的効率性と必要十分であり、かつ、計測の簡便な定義を考究する必要がある。

(2) 上記に述べた波及および外部効果の計測法の大前提は、市場メカニズムが働き、公企業および公

共部門以外は、価格が市場均衡で決定されるという考え方である。これに対して、たとえば、地価は市場均衡価格であるが否かという問題がよく提起される。もし不均衡価格であれば、以上の結論(4)~(9)は、いかに修正されるべきかという問題が残っている。

(3) 本稿の考え方は、全て、時間軸を無視した静学である。動学化したときにも、同じ結論が得られるかどうかを吟味する必要がある。

(4) 質変化の便益計測の基本的考え方は述べたが、具体的に計測するにあたっては、第一に対象とする質変化が、市場メカニズムで決定されるものであるか否かの判別方法の確立、第二に、等価な価格変化分をいかに計測するかという実用上の手法の開発をせねばならない。

(5) 帰着便益連関表の作成原理に対しても、上記の(1)~(4)の問題が、そのまま成立するが、加えて、現在は多地域帰着便益連関表になっていないために、たとえば、新幹線が東京集中を促進するか否かという、いわゆるストロー効果の表現ができない。これも残された課題である。

(6) 最後に、不確実性の取扱法がある。本稿では、常に質の1つとしてこの不確実性を処理してきたが、本来、期待効用最大化行動仮説に基づき、市場は将来の状態に応じた条件財の取引をする場と考えて、市場メカニズムのモデル化そのものを再構成する必要がある。この明示的な分析も残された課題である。

【 謝 辞 】

帰着便益連関表の横に項目、縦に主体を並べる形式は、名古屋市交通問題調査会第3次答申(S.60.3)よりヒントを得た。ここに記して謝す。なお、本研究で提案しているものは、名古屋市のそれとは項目も主体も作成法も異なるものであり、一切の誤りの責任はもちろん、本論文の著者にある。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳：交通の便益と道路，交通工学，
Vol. 24, No. 4, pp. 3～6, 1989
- 2) ハル R. ヴァリアン：ミクロ経済分析，勁草書
房，pp. 292～296, 1986
- 3) Morisugi, H : Welfare implications of cost
benefit analysis, International and Regional
Conflict : Analytical Approaches, eds. by W.
Isard and Y. Nagao , Ballinger, pp. 101～185,
1983
- 4) 文献 2) pp. 166～167
- 5) 文献 2) pp. 140～141
- 6) Piggot, J and Whalley, J : New Developments
in Applied General Equilibrium Analysis,
Cambridge, 1985
- 7) 森杉壽芳・林山泰久・小島信二：交通プロジェ
クトにおける時間便益評価－簡略化手法の実用
化と精度の検討，土木計画学研究・論文集，
No. 4, pp. 149～156, 1986
- 8) 林 良嗣・土井建司・奥田隆明：外部経済効果
を考慮した，都市交通改善がもたらす開発利益
の帰着分析モデル，土木学会論文集，第407号/
IV-11, pp. 67-76, 1989
- 9) 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
- 10) 文献 2) pp. 365～367
- 11) Morisugi, H : Two simple post-evaluation
models for expressway network formation,
Expert Meeting and Symposium on the
Appraisal of Social and Economic Effect of
Road Network Improvement, OECD, 1987
- 12) Boadway, R. W : Cost-benefit rules in general
equilibrium, Review of Economic Studies,
vol. 42, pp. 361～373, 1975
- 13) Lesourne, J : Cost-Benefit Analysis and
Economic Theory, 1975
- 14) Wheaton, W. C : Residential decentralization,
land rents, and the benefits of urban
transportation investment, American
Economic Reviews, vol. 67, pp. 136～143, 1977
- 15) Kanemoto, Y and Mera, K : General equilibrium
analysis of large transportation improve-
ments, Regional Science & Urban Economics,
Vol. 15, No. 13, pp. 343-363, 1985.
- 16) 森杉壽芳・大野栄治・大宮正浩・杉浦博保：公
共交通施設整備の帰着便益連関分析，土木計画
学研究・講演集，No. 11, pp. 653～660, 1986
- 17) 新中京圏陸上交通整備調査会議報告参考資料
（愛知県発行），pp. 65, 1989
- 18) 肥田野 登：住環境整備と地価変動－アメニティ
を評価する不動産研究 vol. 29, No. 2, pp. 1～10,
1987
- 19) 森杉壽芳・岡本寛之：環境悪化の社会的費用に
関する測定法，オペレーションズリサーチ，
vol. 22, No. 1, pp. 26～30, 1977
- 20) 三菱総合研究所：環境悪化の社会的費用の測定
法に関する研究，1977
- 21) Freeman III, A. M : Ch 6. Methods for assessing
the benefits of environmental programs, in
Handbook of Natural Resource and Energy
Economics vol. 1, eds. by A. V. Kneese and J. L
Sweeney, North-Holland, pp. 223～270, 1985
- 22) Clawson, M and Knetch, J. L : Economics of
Outdoor Recreation, Johns-Hopkins, 1966
- 23) Stevens, J. B : Recreational benefits from
water pollution control, Water Resources
Research, Vol. 2, pp. 167～182, 1966
- 24) Maler, K. G : Environmental Economics,
A Theoretical Inquiry, Johns-Hopkins, 1974

【昭和63年度 土木学会論文賞受賞】

【付 録】 (5.21) 式誘導

(5.17) 式の状態 A から B への積分経路をパラメータ σ を用いて示すと、

$$\Sigma E V = \int_0^1 \phi(q(\sigma)) [-D_3(q(\sigma), \Omega(\sigma)) q_{3\sigma}(\sigma) + T_\sigma(\sigma)] d\sigma \quad (A.1)$$

ただし、

$$dT = d(p_3 D_3) - C_3 D_3 dD_3 - dI \quad (A.2)$$

また、サフィックス σ は σ に関する偏微分係数を示す。また、 q は (3.3b) 式で定義した一般化価格ベクトルである。

ここで、以下のような近似が成立するものと仮定する。

$$q_{3\sigma}(\sigma) \approx q_3^B - q_3^A \quad (A.3)$$

$$\begin{aligned} T_\sigma(\sigma) &\approx T^B - T^A = (p_3^B D_3^B - C_3^B) - \\ &\quad (p_3^A D_3^A - C_3^A) - I \\ &\approx \Delta S - I \end{aligned} \quad (A.4)$$

$$D_{3\sigma}^A(\sigma) \approx D_3^B - D_3^A \quad (A.5)$$

このとき、(A.1) 式は、次式となる。

$$\begin{aligned} \Sigma E V &\approx (q_3^A - q_3^B) \int_0^1 [\phi(q(q)) D_3(q(\sigma), \Omega(\sigma))] d\sigma + (T^B - T^A) \\ &\quad \int_0^1 \phi(q(\sigma)) d\sigma \end{aligned} \quad (A.6)$$

(A.6) の右辺第 1 項を $\sigma = 0$ のまわりでテーラー展開すると

$$\begin{aligned} \text{第 1 項} &= (q_3^A - q_3^B) \int_0^1 \{ \phi^A D_3^A + \sigma [\phi D_3]^A + \\ &\quad \frac{1}{2} \sigma^2 [\phi D_3]^A + \dots \} d\sigma \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &= (q_3^A - q_3^B) \{ \phi^A D_3^A + \frac{1}{2} [\phi D_3]^A + \\ &\quad \frac{1}{6} [\phi D_3]^A + \dots \} \end{aligned} \quad (A.7)$$

ここで、(A.7) 式の第 3 項以下を無視することができると仮定して、第 2 項に注目すると、(A.5) 式より、

$$[\phi D_3]_{\sigma}^A = \phi_{\sigma}^A D_3^A + \phi^A (D_3^B - D_3^A) \quad (A.8)$$

さらに、(5.9) 式より、

$$\begin{aligned} \phi_{\sigma}^A &= e_{\Omega \sigma}^A = e_{\sigma \Omega}^A \\ &= \left[\sum_{k=2}^5 e_{UV} q_k q_k \sigma + e_{UV} \Omega \sigma \right]_{\Omega}^A \\ &= \left[e_{\Omega} \left\{ - \sum_{k=2}^4 x_k q_k \sigma + x_5 p_5 \sigma \right. \right. \\ &\quad \left. \left. + \Omega \sigma \right\} \right]_{\Omega}^A \quad (\because \text{ロアの定理より}) \\ &= \left[\phi \left\{ - \sum_{k=2}^4 x_k q_k \sigma + x_5 p_5 \sigma + \overline{x_4 p_4 \sigma} + \right. \right. \\ &\quad \left. \left. \pi_1 \sigma + \pi_2 \sigma + (p_3 D_3)_{\sigma} - C_3 \sigma - I \sigma \right\} \right]_{\Omega}^A \\ &\quad (\because (3.3a) \text{ 式より}) \end{aligned}$$

上記の $\{ \}$ 内は、帰着形 (5.11) 式に等しいので、(5.17) 式を誘導する手順により、次式となる。

$$\begin{aligned} \phi_{\sigma}^A &= \phi \{ -D_3 q_{3\sigma} + T_{\sigma} \}]_{\Omega}^A \\ &= \phi_{\Omega}^A [-D_3 q_{3\sigma} + T_{\sigma}] + \phi^A [-D_3 q_{3\sigma} \\ &\quad + T_{\sigma}]_{\Omega}^A \end{aligned}$$

ここで、(5.9) 式より

$$\phi^A = 1, \quad \phi_{\Omega}^A = 0 \quad (A.9)$$

であること、および (A.3) および (A.4) 式を用いると、

$$\phi_{\sigma}^A \approx [D_3^A (q_3^A - q_3^B) + (T^B - T^A)]_{\Omega}^A$$

さらに、(3.11) 式より $D_{3\Omega}^A = x_{3\Omega}^A$ 、また T

は政府が課す税金であることに注目すると、 $T_{\Omega} = 1$ とみなし得るので、

$$\phi_{\sigma}^A = (q_3^A - q_3^B) x_{3\Omega}^A \quad (\text{A. 10})$$

となる。(A. 8)、(A. 9)および(A. 10)を(A. 7)に代入して整理すると、

$$\begin{aligned} \text{第1項} &= \frac{1}{2} (q_3^A - q_3^B) (D_3^A + D_3^B) \\ &\quad + \frac{1}{2} (q_3^A - q_3^B)^2 D_3^A x_{3\Omega}^A \quad (\text{A. 11}) \end{aligned}$$

次に、(A. 6)式第2項に対しても、同様に計算を行うと、

$$\begin{aligned} \text{第2項} &= (T^B - T^A) \left\{ 1 + \frac{1}{2} (q_3^A - q_3^B) x_{3\Omega}^A \right\} \\ &\quad (\text{A. 12}) \end{aligned}$$

となり、

$\Sigma EV = \text{第1項} + \text{第2項}$

$$\begin{aligned} &= \frac{1}{2} (q_3^A - q_3^B) (D_3^A + D_3^B) + \\ &\quad + \frac{1}{2} (q_3^A - q_3^B) [(q_3^A - q_3^B) D_3^A \\ &\quad + (\Delta S - I)] x_{3\Omega}^A + \Delta S - I \quad (5.21) \end{aligned}$$

(誘導終)