

騒音の社会的費用の計測方法に関する研究

A STUDY ON MEASUREMENT OF SOCIAL COST OF NOISE

森 杉 寿 芳*・宮 武 信 春**・吉 田 哲 生***

By Hisayoshi MORISUGI, Nobuharu MIYATAKE and Tetsuo YOSHIDA

1. はじめに

本研究は騒音の発生が引き起こす生活環境の低下の貨幣的評価(社会的費用)について、その方法論の検討を行ったものである。

社会的費用については、近年の環境問題の深刻化に伴って、さまざまな視点からの研究がなされてきた。しかしながら、その概念の多様性、ならびに計測方法の不統一性から、具体的な公共施設計画や環境管理計画などの計画評価に適用されることは少なかった。本研究はこの点をふまえ、環境の悪化の中で騒音の発生による社会的費用に焦点をあて、その計測方法を計画評価に適用可能な形で確立することを究極の目的とするものである。このため本研究は次の3つの部分より構成されている。

(1) 社会的費用の定義……環境の悪化による効用の低下を貨幣換算するために補償所得を用いることの合理性を述べている。社会的費用を補償所得で定義することにより、環境悪化を費用便益分析の枠組の中で評価することが可能になることを明らかにしている。

(2) 騒音の評価方法の理論的検討……種々の騒音評価事例の中から4つの典型的アプローチを抽出し、本研究で定義した社会的費用の概念からみたこれらのアプローチの長所、短所について考察している。

(3) ケース・スタディー……O空港の周辺地域で行われた騒音に関するアンケート調査の結果をもとにして、上記の4つのアプローチに従って社会的費用の算定を行い、算定結果についての比較検討を行っている。

2. 「社会的費用」概念の役割

(1) 社会的費用の諸概念

生活環境の低下を評価するにあたっては、従来、さまざまな視点からのアプローチが試みられてきた。ここでは、この環境の評価を、公共施設計画や環境管理計画等の具体的な計画評価が可能となるように、費用便益分析の枠組の中に組み入れることを試みる。それは費用便益分析が、プロジェクトによるすべての変化を同一尺度上で評価することを要求しており、環境評価の尺度の統一化が計画の総合評価の可能性を広げるからである。この場合、人間の効用に影響を与えるもののうちで、環境質のように外部性の大きい財の変化を評価する手段として「社会的費用」の概念が有用である。それはこの概念が「ある経済主体がある経済活動を行ったときに、そのときに発生する外部不経済効果を、他の経済主体がどのように評価するかを、なんらかの形で実質的なタームで測って、すべての経済主体について集計したもの¹⁾」として、広義に確立されたものであり、著者らの「経済的豊かさと同尺度上での環境変化の評価」という目的に沿っていると考えられるからである。

ミハエルスキは、社会的費用という概念の解釈として次の4つをあげている²⁾。

- ㉑ 国民経済的総費用
- ㉒ 社会経済的最適からのかい離によって生じる損失
- ㉓ じゃっ起者が負担しないで第三者に転嫁される費用
- ㉔ 公共政策実施費用

本研究ではこれらの4つの解釈のうちの㉓の立場からの社会的費用に焦点をあてて研究を進めている。その理由として第1に、環境質の変化の重要性が最近とみに認識されつつあることから示されるように、㉓の国民

* 正会員 工博 岐阜大学助教授 工学部土木工学科

** 正会員 工博 (株)三菱総合研究所 研究員

*** 正会員 工修 (株)三菱総合研究所 研究員

経済的総費用中に占める，㉔の外部不経済の割合が過去に比べて増加していること，第2に㉔，㉕，㉖の概念は，㉔の外部不経済の評価が行われて初めて意味をもつこと，第3に経済効率という問題を超越して，汚染者負担原則，受益者負担原則等を例とする所得分配上のシステムの確立に資する可能性があること等があげられる。

(2) 測定の意義

ある特性の社会経済状態における社会的費用を計測することは，その状態の厚生を度合をより厳密に示す指標を作成するうえで非常に重要である。特に環境変化による社会的費用の計測は次のような点で意義をもつ。

第1は環境の悪化の程度を，たとえばGNPのような経済指標と対比し得ることになるので，社会の厚生状態をさらに厳密に示し得るような指標の開発に寄与し得ることである。第2には，環境管理政策の重要な課題の1つである経済的効率性基準に基づく最適環境水準の設定に資することである。ここでいう最適環境水準という概念は，環境改善にもやはり費用を要することから，環境悪化による社会的費用との兼ね合いで環境水準を維持しようとするところからきている。すなわち， $D(a)$ を環境水準 a が悪化するにつれて増加する社会的費用， $C(a)$ を環境水準 a に維持するための防止費用（あるいは経済活動の規制低下分）とすると，もし双方が同一の尺度で測られているならば，

$$\min_a \{D(a) + C(a)\} \dots\dots\dots (1)$$

として最適環境水準が求まることになる (Fig. 1 の a^*)。通常，防止費用は，たとえば脱硫装置の設備投資，防音壁の設置，生産ダウンによる収益の減少等，貨幣尺度で測られる。このことが，環境悪化の評価，特に貨幣尺度による計測が要請されるゆえんである。

3. 本研究における社会的費用の定義

(1) 個人の経済的被害の定義

任意の家計を取りあげ，この家計の効用 U_h は，簡単

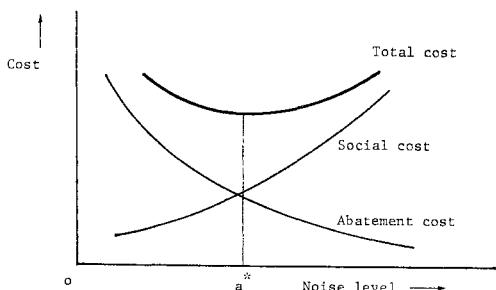


Fig. 1 Optimal control level.

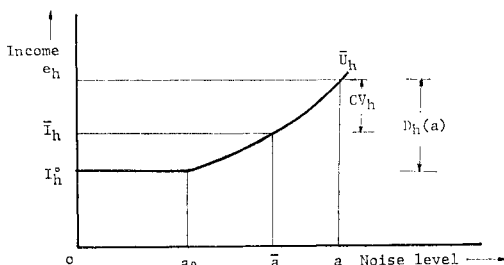


Fig. 2 Definition of compensating variation and damage cost.

化のため，この家計の所得 I_h および環境状態 a のみによって決定される，すなわち，

$$U_h = U_h(I_h, a) \dots\dots\dots (2)$$

であるものとする。いま，環境状態が \bar{a} ，この家計の所得は \bar{I}_h であるとすれば，この家計の享受している効用のレベルは $\bar{U}_h (= U_h(\bar{I}_h, \bar{a}))$ である。ここでなんらかの環境改変行為によって環境状態 \bar{a} が a に変わったとき， $\bar{a} \rightarrow a$ が環境状態の悪化を示すものならば， $\bar{U}_h > U_h(\bar{I}_h, a)$ であり，効用レベルは低下することになる。したがって，効用レベルを \bar{U}_h に維持するためには，いくばくかの所得 I_h の上昇が必要であるが，この同じレベルの効用に保つための補償額を初期の状態 (\bar{I}_h, \bar{a}) を基準としたときの補償所得 (compensating variation) といい，これを CV_h と表すことにする。補償所得を Fig. 2 を用いて説明すれば次のとおりである。図の \bar{U}_h 曲線は， $\bar{U}_h = U_h(\bar{I}_h, \bar{a})$ なる所得 \bar{I}_h ，環境状態 \bar{a} において家計 h がもつ効用レベルと同等の効用をもたらす所得レベルと環境状態との組み合わせを示す曲線，

$$\bar{U}_h = U_h(I_h, a) \dots\dots\dots (3)$$

である。式 (3) を I_h について解いたもの，すなわち，

$$e_h = e_h(a; \bar{U}_h) \dots\dots\dots (4)$$

は，環境状態が a のときに効用レベルを \bar{U}_h に保つための所得を示している。この e_h を用いると上の補償所得 CV_h は次式 (5) で表される。

$$CV_h = e_h(a; \bar{U}_h) - \bar{I}_h \dots\dots\dots (5)$$

環境悪化行為による効用の低下分の評価としてはこの上記の定義による補償所得で十分であるが，さらに一般的な環境状態の評価のために，著者らは家計の効用の低下をきたさない環境悪化レベルを基準とした補償所得をもって，ある特定の環境状態に対応する経済的被害 (Damage cost) と定義した。すなわち環境状態が a のとき，経済的被害 $D_h(a)$ は，

$$D_h(a) = e_h(a; \bar{U}_h) - e_h(a_0; \bar{U}_h) \dots\dots\dots (6)$$

である。ここに， a_0 は家計の効用に何の影響も及ぼさない環境悪化水準の最大値であり，閾値水準とよぶ。したがって $0 \leq a \leq a_0$ においては， $e_h(a; \bar{U}_h)$ は Fig.

2 にも示されるように一定値 I_h^0 を取り続ける。

ここに、ある特定の環境状態における家計の経済的被害が閾値水準からその環境状態への変化に対応する補償所得として定義されたわけである。これは経済的被害が、閾値水準からの環境変化による効用の損失と同等の効用をもたらす貨幣量、等効用貨幣量 (money equivalent) として定義されたといいかえることができる³⁾。さらにいいかえれば、上の補償所得は、環境の悪化 (改善) に対して家計が以前と同一の効用を保つうえでその対価として補償してもらいたい最小額 (支払ってもよい最大額) を示しているの、個々の家計による環境変化に対する支払い対価 (Willingness to pay) として経済的被害が定義されたことになる。

(2) 社会的費用の定義

個人の経済的被害を、社会の構成するすべての個人について総計することにより社会全体が環境悪化によって被る効用の低下の貨幣尺度としての社会的費用と定義する。すなわち、

$$SD(a) = \sum_h D_h(a) = \sum_h \{e_h(a; \bar{U}_h) - e_h(a_0; \bar{U}_h)\} \dots\dots\dots (7)$$

である。ここに $SD(a)$ は、家計の環境悪化に対する主観的評価によって構成された経済的被害の総計としての社会的費用を示している。

(3) 効率性基準との関連および問題点

本章 (1)、(2) において社会的費用を支払い対価に基づいて定義したが、この定義に沿って社会的費用の計測を行うことの意義づけをここで行う。一般に、公共プロジェクトのような政策的措置が引き起こす効果は、必ずといってよいほど、一部の人々を有利にし、他の人々を不利にするような変化を伴う。したがって、この政策的措置の当否についてはなんらかの価値基準が必要である。いわゆる「パレート基準」は一部の人々を不利にする限りプロジェクトの当否に関する判断を提供しない。著者らは、ここで「パレート基準」をゆるめた形の「カルドア基準⁴⁾」とよばれる潜在的パレート基準に従うことにする。これは利得者がすべての損失者を変化がなかった場合の効用レベルを保つように補償し得るならば、当該変化を社会的に正当と認めるものであり、補償を前提にしたパレート基準といえることができる。この「カルドア基準」と上で定義した社会的費用との関連は次のとおりである。いま、当該変化による利得者の補償所得 (>0) の総和を C_g とし、損失者の補償所得 (<0) の総和を C_L とすると $C_g + C_L$

の符号の正負はそれぞれ「カルドア基準」の成立、不成立を示すことになる。なぜならば、 $C_g + C_L > 0$ のとき損失者は必ず変化前の効用を保持したまま、いくばくかの利得者は以前よりさらに高い効用をもつことができ、逆に $C_g + C_L < 0$ ならば、利得者の効用を以前より低下させることなしに損失者を補償することができないからである。このことが、補償所得の総和の正負が、当該変化の当否を示す指標たり得ることを保証し、同時に補償所得、すなわち等効用貨幣量もしくは支払い対価として効用の変化量を定義することの基礎的理由になっている。

4. 騒音による社会的費用の計測方法の理論的検討

環境悪化による効用の低下を、定義された経済的被害としてとらえるための理論的検討をここで行う。このため最初に環境の悪化による被害がいかなる形で現れているかを検討し、その被害と定義された形での被害額がどのように直接、間接に関連しているかを検討する。なお以下では、環境を騒音環境に特定化して述べている。これは騒音被害が多分に心理的満足感を低下させるものであり、この満足感の低下の貨幣換算が社会的費用計測の重要な課題であることによる。

(1) 個人の経済的被害の出現形態

個人の経済的被害とは、定義に従えば、環境悪化によって影響を受けたものの中で、個人が補償してもらいたいと感じるものであり、これは Fig. 3 に示すように金銭的被害と心理的被害とからなる。金銭的被害は市場での個人の売買行動を通じて顕在化する被害であり、騒音による治療費や、防音設備費のように実際の支出増となるものと、これらの環境悪化地域における家賃の低下などのような収入の減少に分かれる。一方、心理的被害は、健康の悪化、いらいらする感情のような満足感の低下、レクリエーション価値などのように直接には市場に顕在しない心理的価値の減少として出現する。

(2) 測定方法

騒音による環境の悪化がもたらす被害を計測する方法として、従来用いられているアプローチとして次のもの

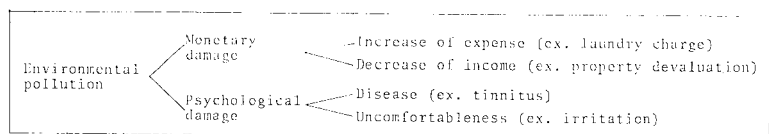


Fig. 3 Two types of environmental damage.

があげられる。

- a) 騒音発生による資産価値の変動を利用するもの^{9)~8)}。
- b) 騒音被害防止支出を利用するもの^{9)~10)}。
- c) 騒音または静けさに対する価値意識によるもの^{11)~12)}。
- d) 直接に補償額を聞くもの¹⁴⁾。

これらの方法のうち、a)、b)は騒音によって被害を被った個人(家計)の市場における行動から現出した市場の均衡値(市場価格)から経済的被害を計測するものであり、c)、d)は被害者の主観に委ねて騒音に対する選好度、あるいは直接補償額を知ろうとするものである。以下、これらのそれぞれのアプローチと定義された経済的被害との理論的関連、一致のための必要条件について述べる。

- a) 騒音発生による資産価格の変動を利用するもの
 - (i) 理論的検討¹⁵⁾

騒音の発生によって生じた心理的苦痛を含む、効用低下要因が市場での家計行動を通じて資産価値へ転嫁される。本方法は騒音による経済的被害が資産価値に帰属された断面でとらえようとするものである。騒音レベルが家計の経済的被害を通して、どのように資産価値に反映しているかは次に述べるとおりである。いま、資産価値を家賃 r として特定化し、この r は、その家の広さ、都心への接近性等のいわゆる住宅サービスレベル h および、その場所での騒音レベル N との関数 $r(h, N)$ として表されるものとする。もし、この家賃 r が通常の家賃と同様に家計の効用最大化行動によって決定されるならば、 $r(h, N)$ は次式のような、家計の効用の最大化問題の解として表される。

$$\left. \begin{array}{l} U(X, h, N) \rightarrow \max \\ \text{const. } PX + r(h, N) = I \end{array} \right\} \dots\dots\dots (8)$$

ここに、

U : 住宅サービス、騒音レベル、およびその他一般財の消費量によって表される家計の効用関数

X : その他一般財消費量

P : その他一般財価格

I : 家計の可処分所得

各家計は、限られた所得を、一般財と家賃支払いに費すことにより、効用を最大化しようとする。上の問題の解の必要条件として次の式(9)が成立する。

$$\frac{\partial U}{\partial N} / \lambda = \frac{\partial r}{\partial N} \dots\dots\dots (9)$$

ここに、 λ はラグランジュ未定乗数であり、具体的には、 $\lambda = \partial U / \partial I$ が成立するので貨幣(所得)の限界効用を示している。式の左辺は騒音レベルの減少(N を静

けさの増加する方向を正にとる)による効用の限界増加分を貨幣(所得)の限界効用で除すことから、騒音環境の良化による効用に等しい効用をもつ貨幣額、すなわち定義された経済的被害額(もし騒音レベルが増加した場合)である。右辺は家賃の騒音レベルの変化による限界変化分である。したがって、各家計の騒音レベルの限界変化に対する経済的被害に等しくなるように家賃の騒音レベルによる差が決定され、市場における均衡家賃を構成することになる。以上が騒音による経済的被害が市場における資産価値に影響する仕方であり、社会的費用を測定する根拠になっている。たとえば、資産価値をさまざまな騒音レベルを含む要因で説明する重回帰分析があるが、それは家賃関数を次式のように特定化し、現実の市場データからの係数の推定を行うものである。

$$r(h, N) = a_1 h + a_2 N + a_3 \dots\dots\dots (10)$$

式(10)から、 $\partial r / \partial N = a_2$ であり、説明力を保持する騒音レベルの範囲で式(9)によって、騒音レベルにかかる係数 a_2 をもって、効用低下の等効用貨幣量すなわち経済的被害とみなすことができる。

(ii) 問題点

資産価値の騒音レベル方向の限界変化が、経済的被害に一致するためには、居住者の完全流動性(移動に関するコストが零であること)が保証されねばならない。しかしながら、現実の資産価値市場においては、移動コストが存在するために式(8)で定式化した家計の自由な居住地の選択による最適化行動が現実合わなくなる。この場合は市場の変動からの経済的被害額は過小評価になる。理由は次のとおりである。資産価値市場の均衡は、各家計が移動による損得が零のところである。上の場合でいえば、

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N} - \frac{\partial r}{\partial N} = 0 \dots\dots\dots (11)$$

が成立している。これは騒音レベルの小さい場所に移ることによる便益が $\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N}$ であり、そのときの家計費用の上昇が $\frac{\partial r}{\partial N}$ であり移動による損得が零であることを示している。いま、移動に際してコスト m がかかることを示せば、この均衡条件は、

$$\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N} + \left(-\frac{\partial r}{\partial N} \right) + (-m) = 0 \dots\dots\dots (12)$$

となる。すなわち移動による便益 $\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N}$ と移動による損失 $\left(\frac{\partial r}{\partial N} + m \right)$ が家計について等しくなったときに均衡が達成される。したがって、 $\frac{\partial r}{\partial N}$ で経済的被害額とみなすならば、移動コスト m だけ、定義された経済的被害額 $\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N}$ を過小評価することになる。極端な例

で、移動コストが無限大の場合であれば、いかに環境のよい住宅が売りに出されても、その住宅に移り住むことの便益は負であるから、決して比較的悪い環境の住宅との家賃差は生じない。便益が負の移転に対しては、移転に対する値上げである家賃差は生じようがないからである。したがって、たしかに存在する経済的被害 $\frac{1}{\lambda} \frac{\partial U}{\partial N}$ を家賃差零で評価することになってしまう。

b) 騒音被害防止支出を利用するもの

(i) 理論的検討

騒音から生じた被害を軽減するために、余分に防止設備に対して費やされた支出（追加的支出）をもって経済的被害とするものである。以下では、各家計の効用最大化消費行動に基づいて市場に顕現する追加的支出と、定義された経済的被害とがいかなる関連をもっているかを吟味することにする。

いま簡単のために、家計は次のような状況にあるものとする。

① ある特定の財は、効用に影響を与えるレベル y と、消費するレベル z とで、騒音発生による劣化があり、両者間には次の関係があるとする。

$$y = l(a) \cdot z \dots\dots\dots (13)$$

ここに、

a : 騒音レベル

$l(a)$: 消費レベルから効用に影響を与えるレベルへの変換係数。 $1 \geq l(a) > 0, dl(a)/da < 0$ 。

この式は騒音の発生が、それによって機能を損なう財を通じて効用に影響することを表したものであり、 $l'(a) < 0$ の仮定は、騒音レベルの増加につれて、同じレベルの当該財の消費にもかかわらず効用が減少することを示すものである。

② 家計の効用 U に影響を与える財は 2 種類であり、1 つは、① に述べた騒音に影響される財 Y であり、ほかは合成財 X とする。したがって、効用関数は $U(X, Y)$ で表される。

このような状況のもとでの、家計均衡、すなわち市場に顕現する消費量の組み合わせは、次の最大化問題の解である。

$$\left. \begin{aligned} \max_{X, Y} U(X, Y) \\ \text{const. } Y = l(a) \cdot z \\ X + Pz = I \text{ (予算制約)} \end{aligned} \right\} \dots\dots\dots (14)$$

ここに、 I は所得制約、 P は騒音被影響財の価格であり、合成財 X の価格は 1 としている。

ここで式 (14) の制約式は、 $X + (P/l(a)) \cdot Y = I$ と置き換えられる。したがって、健康財 (Y) および一般財 (X) の騒音レベルに伴う変化は Y 財の価格を $P/l(a)$ とみたときの (X, Y) の動きとしてとらえることができる。Fig. 4 は騒音レベルが a_0 から a へと増加したときの家計均衡点の動き $A_0 \rightarrow A_1$ を示したものである。騒音の進行が、家計の均衡点に与える影響は所得制約があるので、総支出が増加するというのではなく、各財に対する支出の構成が変化するということである。図でいえば、 $A_0 \rightarrow A_1$ の変化につれて、各財への支出構成 (E_X, E_Y) の変化は、

$$(OJ_0 \times P/l(a_0), OG_0 \times 1) \rightarrow (OJ_1 \times P/l(a), OG_1 \times 1)$$

である。通常、“追加的支出”とは、 Y 財すなわち環境に影響される財への支出の増加を意味する。したがって、この場合の追加的支出を $AE(a)$ とすると次式 (15) のように表される。

$$\begin{aligned} AE(a) &= \Delta E_Y = -\Delta E_X = -(OG_1 - OG_0) \times 1 \\ &= (OG_0 - OG_1) \times 1 \dots\dots\dots (15) \end{aligned}$$

式 (15) に示されるように $AE(a)$ が X 財の支出変化量で表されるのは $E_X + E_Y = I$ が常に成立しているからである。 X 財への支出の増減はそのまま追加的支出の減増を示し Fig. 5 の場合 ($OG_0 - OG_1$) は X 財の消費量の減少であり、すなわち追加的支出ということになる。このとき、定義された経済的被害は、以前の効用レベルに達するまで所得制約線を平行移動した量であり \bar{II} で示される。 $AE(a)$ とこの経済的被害 \bar{II} とは明らかに無関係であり、 a が十分に大きくなったときの均衡点 (たとえば Fig. 5 の A_1 点) からわかるように、経済的被害の増加に反して $AE(a)$ は減少することもあり得る。これは、騒音がひどすぎると、もはや防止努力をあきらめて他の財へ支出を転換させるためである。したがって、追加的支出は決して経済的被害の代理指標とはなり得ないが、非常に限られた範囲でその意義を見

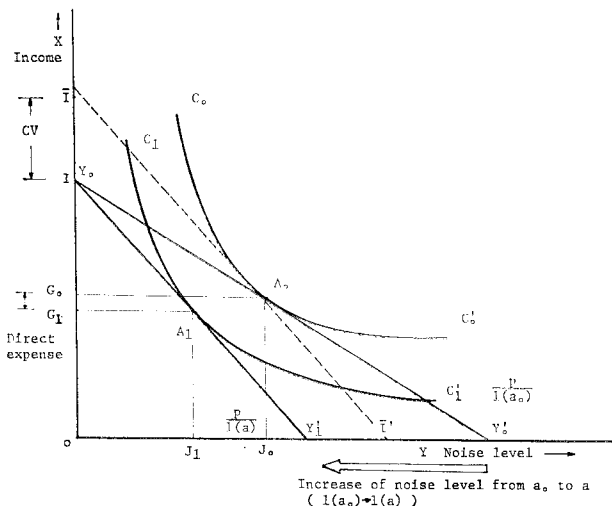


Fig. 4 C.V. and direct expenses corresponding to the increase of noise level.

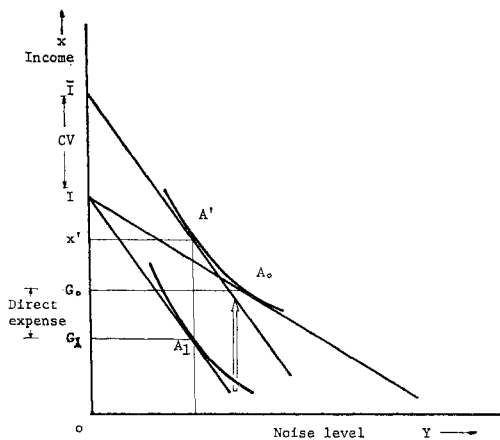


Fig. 5 C.V. greater than direct expense.

出すこともできる。この点については次の問題点で述べる。

(ii) 問題点

上述したように、騒音の悪化につれて追加的支出が減少していく可能性もあるが、ここでは、経済的被害計測における追加的支出のなんらかの意義を見出すために、追加的支出が増加している状況下で、それが経済的被害額とその大きさにおいていかに関連があるかみてみよう。簡単のために、無差別曲線が垂直方向に合同であるとする。このとき経済的被害額は、Fig. 5において変化後の所得制約線を以前の効用レベルに接するまで上方移動させた量、すなわち \bar{II} である。この接点 A' は、変化後の均衡点 A_1 と同じ y 座標であり、変化前の均衡点 A_0 より X 財の消費量が大きい。したがって、 A_0, A_1, A' における x 財消費量 x_0, x_1, x' とすると、 $x' > x_0$ であり、これは経済的被害 ($\bar{II} = A_1A' = x' - x_1$) が追加的支出 ($x_0 - x_1$) よりも常に大きいことを示すものである。したがって、追加的支出が増加している限り、経済的被害の最小値を押さえているといえることができる。しかしながら、この結論は、無差別曲線が垂直合同の仮定のもとであり、この仮定を外した場合や、さらに量的な関連を知るためには、効用関数の分析から行わなければならない。追加的支出を手がかりとして、経済的被害額を知るためには、これらの点が残された課題である。

c) 騒音に対する価値意識によるもの

(i) 理論的検討

通常市場化された、価格の存在する財であれば、完全市場下という条件において、その価格がその財の獲得(喪失)に対する限界便益(費用)、すなわち、等効用をもたらす貨幣量を示す。これは価格が、無差別曲線上での財の組み合わせの変動に対する財の限界効用と所得

(貨幣)との限界効用の比、すなわち限界代替率、あるいは無差別曲線に対する接線の傾きに等しく決定されるからである。しかしながら騒音環境は、そのみが独立した財としては、市場化されておらずその価格をもって経済的被害を測定することは不可能である。価格意識による方法は、市場に顕現するデータに頼らずに、各財に対する選好関係をなんらかの方法で知ることにより、騒音と貨幣との限界代替率を推定しようとするものである。この方法は、選好行動の結果から限界代替率を逆に推定するという意味では、前記した a), b) とともにいわゆる選好行動分析に含まれるものである。ただ、a), b) は市場での現実の結果を選好行動の結果とするのに対して、価値意識による方法は、直接のアンケート^{11), 12)} や工夫されたシミュレーション¹³⁾ 装置による選好結果をもとにする点で異なっている。この方法は具体的には、アンケートや質問から効用関数を構成する方法とまったく同一であり、構成された効用関数から限界代替率を知るためには、この効用関数は、その属性として所得および騒音を含んだ、多属性効用関数でなければならない。いま、2つの住宅 A, B があって、それぞれの住宅のもつ騒音レベル、住宅価格、通勤時間等の属性ベクトルを a^A, a^B とすると、このときの多属性効用関数とは次式のように選好関係と実数値の大小関係を対応づける実数値関数 $U(a)$ である。

$$a^A \succcurlyeq a^B \Leftrightarrow u(a^A) \geq u(a^B) \dots\dots\dots (16)$$

ただし、 \succcurlyeq は選好関係、 \geq は実数の大小関係である。

したがって、種々の組み合わせの1対の住宅についての各個人の選好関係 \succcurlyeq を聞くことにより、それを最もよく再現するような $U(a)$ の関数形を求めることが、効用関数の構成の基本的な方法である。Keeny¹⁶⁾ の方法を除けば次のような加法的効用関数が仮定されることが多い^{12), 13)}。

$$u(a) = \omega_1 \cdot u_1(a_1) + \omega_2 \cdot u_2(a_2) + \dots + \omega_n \cdot u_n(a_n) \dots\dots\dots (17)$$

式(17)で、 u_i は属性別効用関数、 ω_i は重みとよばれる。この属性別効用関数の重みの推定について種々の方法が提案されており、ここでは詳細は参考文献に譲るとして、簡単な方法論について一括して表-1に示しておく。いずれの方法においても、効用関数が構成された後は、 $(\omega_i \cdot \partial u_i / \partial a_i) / (\omega_j \cdot \partial u_j / \partial a_j)$ (a_i は騒音レベル、 a_j は住宅価格)によって限界代替率を計算し、単位レベルの騒音増加に伴う住宅価格の減少額 (money equivalent な経済被害額)を知ることができる。

(ii) 問題点

価値意識による測定は、騒音環境と貨幣との限界代替率を求めるものであるから、経済的被害の定義には合致している。この方法によった場合の問題点は、代替率を

表-1 価値意識の測定方法

方法の名称	方法の概要	備考	
個人の価値意識の測定方法	1. Keeneyの方法 (16)	1対のくじに対する意思決定者の選好を聞くことにより、乗法的または加法的多属性効用関数を構成する方法である。	期待効用仮説に基づく方法で効用関数の構成方法は、Keeneyによる。
	2. Probit分析法 (17)	2つの代替案に関する個人の選好判断が効用差に基づくものと考え、選好判断のデータから最大推定法によって個人の加法的効用関数を構成する。	計量経済学の分野で開発されているProbit分析法の応用である。
	3. ベイズ推定論的方法 (18)	2つの代替案に関する個人の選好判断が効用差に基づくものと考え、加法的効用関数の重みの事後確率密度関数を逐次的に選好判断からベイズ推定する。	
	4. 回帰判別関数法 (19)	2つの代替案の選好判断結果が、1次元尺度上多群に分離できるものと考え、1次元尺度上のモデルによる代替案の評価値とアンケート調査結果の相関比が最大となるように回帰判別関数を構成する。	この方法は、間隔尺度の構成方法の1つである。
集団の価値意識の測定方法	5. トレード・オフ法 (20)	集団の平均的価値意識を多属性の価値関数の形にモデル化する方法である。2つの代替案の選好をアンケート調査し、集団の選択比率から価値関数を推定する。	
	6. サーストンの1対比較法 (21)	集団の平均的価値意識を多属性の価値関数の形にモデル化する方法である点で、トレードオフ法と類似しているが、質問形式と数理モデルに相違がある。	計量心理学の分野で開発された方法の応用である。

注) 上記の方法以外にも、心理学的尺度構成法等が数多く提案されているが、本研究では、環境要因による被害を抽出できる方法を開発するという意図から、多属性の価値関数の構成に重点をおいたものを取り出している。

求めるためにアンケートの実施およびその分析を必要とすることに由来する。得られた結果の信頼性を高めるためには、上記の種々の方法はいずれの場合においても、サンプル数、質問数を十分に大きくとらなければならず、この点でアンケートの実施費用の増加が問題となっている。

d) 直接に補償額を聞くもの

(i) 理論的検討

これは騒音被害者に対して、直接に騒音による被害額を聴取する方法である。被害額を騒音による効用の損失と等価な貨幣額、すなわち経済的被害として聞き出すためには次のような2通りの質問の仕方が考えられる。一方は、「あなたに対して、どれだけの補償があれば、いま被っている騒音があってもよいと思えますか」という聞き方であり、他方は、「あなたが、いま被っている騒音が完全に取り除かれるとしたら、いくら支払ってもよいと思えますか」という聞き方である。前者においては、騒音のもたらした効用の低下と同等の効用をもたらす貨幣量を聞いており、また後者では、騒音環境の向上のもたらす効用の増加と同等の効用の低下をもたらす所得の損失を聞いている。したがって、両者ともに、騒音環境の変化に対する等効用貨幣量を聞き出そうとしており、したがって経済的被害の定義に沿った測定方法であるといえることができる。さらに、これらの方法によれば、環境の微小な変化に対する経済的被害(限界代替率)のみならず、限界代替率が漸次変化していくような環境変化に対しても、等効用貨幣量としての経済的被害を聞くことができるという利点をもっている。

(ii) 問題点

この方法のもつ問題点は、質問技術上のものと、上記

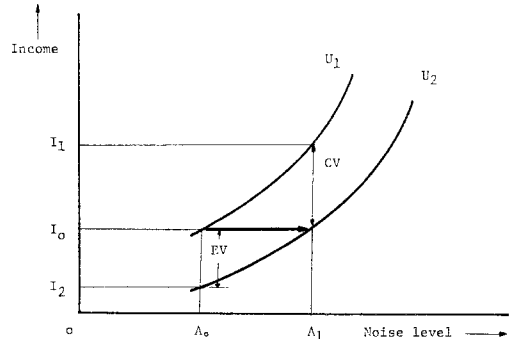


Fig. 6 Two different “money equivalents” resulting from each question pattern.

の2つの質問の仕方の正しい使い方の区別に関するものに分かれる。前者は、アンケート調査に通常伴う、回答結果の不安定性の問題であり、ここでは、質問が効用変化を貨幣に置き換えることを直接に要求するものであることから答えにくくかつ恣意の入り込む余地のあることが問題である。次に後者の問題は、上記の2つの質問方法がともに、同等の効用変化に対する貨幣への置き換えを聞く点では区別はないが、質問対象者の環境権の保有の有無によって区別されねばならないということである。すなわち、上記の質問のうちの補償額を聞き出す方は、環境を静穏にしておくことに対する権利の保有者が、騒音によってその権利を冒されるとときに減少する効用を補償する貨幣量が聞かれるものである。これに対して、支払ってもよい額を聞くものは、上記の権利を保有しない者に対して、その権利獲得による効用の上昇と同等の貨幣損失(所得支払い)を聞くものである。Fig. 6において、 $U_1, U_2 (U_1 > U_2)$ は効用レベルであり、騒音が $A_0 \rightarrow A_1$ と悪化したときの効用低下を示している。

このとき第1の質問をすると、図中 CV が回答結果となり、第2の質問をすると、図中 EV が回答結果となる。前者は $A_0 \rightarrow A_1$ の騒音悪化による効用の低下 $U_1 \rightarrow U_2$ を $I_0 \rightarrow I_1$ の所得上昇で取りもどそうとする（以前と効用を等しくする）からであり、後者は何もしなければ U_2 の効用に甘んじなければならないが（環境権をもたない）、もし騒音レベルを A_0 にすることで効用が $U_2 \rightarrow U_1$ と増加するならば、 U_2 の効用に等しくなるまでは、所得は $I_0 \rightarrow I_2$ と減少してもよいと考えるからである。一般に所得の限界効用が常に一定でない限り、この双方の回答結果は異なるすなわち $EV \neq CV$ である。したがって、環境権を尊重する限り、その保有に応じて、第1、第2の質問は使い分けられなければならないが、この環境権の保有（帰属）の明確化は本研究における社会的費用の測定という課題を超えており、他の政治、社会分野からの研究を必要とする問題点といえることができる。

5. 事例研究

—O空港周辺における航空機騒音の社会的費用

ここでは、社会的費用の測定方法を、騒音環境悪化の事例に適用することによって、測定方法の妥当性の検討を行う。このため、O空港周辺地域の航空機騒音問題を取りあげ、前章で述べた4つの方法による社会的費用の計測を、この地域でのアンケート調査および不動産売買事例調査に基づいて行っている。

(1) 事例調査のフレーム

事例調査対象地域は、O空港周辺地域であり、調査方法、有効回収数は表-2 のようである。また、前章で述べた測定方法のそれぞれに対応する、アンケートにおける質問の仕方、および不動産売買事例の分析方法は表-3 に一括して示すとおりである。

(2) 各測定方法による調査結果

ここで、前章であげた4つの方法の具体的な適用例と、その適用結果を述べる。

a) 資産価値によるもの

対象地域の昭和51年以降の不動産売買の実態を、特

表-2 事例調査のフレーム

調査名	調査地域	調査方法	調査対象	有効回収数
アンケート調査	伊丹市全域と川西市の一部	面接-配布-面接回収方式	自宅居住者	259票
			借家居住者	259票
不動産売買事例調査	伊丹市、豊中市、池田市、川西市	不動産業に対する聞き取り調査	昭和51年以後の売買事例	85事例

に土地の取り引き価格に限定してヒアリングすることにより分析用のデータとした。前章(1)のa)によれば、この取り引き価格(地価V)は、その土地のもつ騒音レベルも含めたサービス属性の関数であり、この関数の騒音レベル方向の傾きが経済的被害を示すことになる。ここでは、この地価関数として、LP(地価(千円/m²))をLL(宅地のレベル:1.農村集落, 2.普通, 3.中級, 4.高級), D₁(最寄駅までの距離(m)), D₂(最寄り駅から都市までの所要時間(分)), C_s(日照・通風・乾湿等の条件:1.不良, 2.普通, 3.良), CW₁(上水道の条件:1.無, 2.可, 3.有), CW₂(下水道の条件:1.無, 2.下水道, 3.公共下水), NL(騒音レベル(dB(A)))らで説明させる線形関数を仮定して、その係数の決定のために、取り引き事例データを用いて重回帰分析を行った。その結果は次の式(18)である。

$$\begin{aligned}
 LP = & 5.043 LL - 0.0025 D_1 - 0.265 D_2 \\
 & (1.44) \quad (0.45) \quad (0.68) \\
 & + 4.629 C_s + 21.238 CW_1 + 1.351 CW_2 \\
 & (1.04) \quad (0.96) \quad (0.46) \\
 & - 0.767 NL + 87.78 \quad (R=0.4348) \dots (18) \\
 & (1.62)
 \end{aligned}$$

ただし、Rは重相関係数、()内はt値である。

この結果、騒音レベル1dB上昇当りの地価への影響は約770円/m²の低下であり、この係数は $\partial(LP)/\partial(NL)$ に等しいことから、この値が経済的被害(1dB上昇当りの)を示しているといえることができる。O空港周辺の1戸当り平均宅地面積は、約140m²であり、このことから騒音レベルが80dB → 100dBと上昇した場合の1戸当り平均土地価格低下は、

$$\begin{aligned}
 & 770 \text{円/m}^2 \cdot \text{dB} \times 140 \text{m}^2 \times 20 \text{dB} = 215.6 \text{万円} \\
 & \dots\dots\dots (19)
 \end{aligned}$$

となる。この値を年間価格の低下という形に換算すると、約13万円/年間・戸となる。毎年価格の換算は次のように考えた。

まず、不動産価格P円の住宅を購入し、毎年定額P円で賃貸することによって収入を得る場合を想定する。耐用年数をn、将来価値の割引率をiとすれば、このPは $P \cdot i / (1 - (1/i)^n)$ で表すことができる。P円には土地価格も含まれているので、nを十分に大きくとれば、毎年価格PはP・iであり、割引率を金利なみの6%と考え、総被害215.6万円の6%すなわち約13万円の毎年被害額とした。測定結果として得られた地価関数は、実価格と推定値との相関が悪く、また各係数のt値も低いので、線形式以外の他の関数形による推定も考えられるべきであるが、幅をもって解釈すれば、上記の算定値が経済的被害であるといえることができる。

b) 騒音被害防止支出によるもの

アンケート調査において、被害防止支出については

表-3 追加的支出の回答結果 (最近3年間)

地域区分 (dB)	騒音防止支出額 (千円)	健康関連支出額 (千円)	直接支出額 (千円)
80 未満	2.1	0.0	2.1
80~ 85	4.3	0.1	4.4
85~ 90	4.4	0.8	5.2
90~ 95	13.7	2.0	15.7
95~100	3.2	65.3	68.5
100 以上	78.8	63.8	142.6
全 地 域	14.7	12.3	27.0

「最近3か年のうちに、航空機騒音がひどいために購入した備品とその金額」として、また健康関連被害支出については「航空機騒音に関連した症状と治療費や薬代等の健康関連支出額」として質問している。前者の質問に対してはルームクーラー (回答者の9.7%が購入)、アルミサッシ (回答者の8.1%が購入) の購入率が高く、その他、換気扇、二重窓が購入された備品として回答されている。後者の質問に対しては、「いらいらして不快 (回答者の22.8%)」、「不眠 (回答者の9.7%)」、「勉強、仕事の能率の低下 (9.7%)」が健康被害の内容として考えられている。両方の支出額を合計して騒音による直接支出額を居住地域の騒音レベル別に示したものが表-3である。年間換算値で平均世帯当たり、両分野あわせて2万7千円の支出がなされている。表-3から騒音レベルの上昇につれて明らかに支出額が増加していることがわかる。しかしながら、直接支出内訳のうち、騒音防止支出において、95~100 dBの支出額が激減していることは、もちろんアンケート調査に特有の不安定さも考えられるが、騒音レベルの増大、すなわち経済的被害の増大に伴って支出額が必ずしも増加するわけではないということの1つの例示であると思われる。したがって、直接支出額は、直接には経済的被害額にはなり得ず、理論的側面からの両指標の関連がさらに追求される必要がある。

c) 価値意識による方法

アンケート調査の住宅の選好に関する1対比較質問のデータに基づいて、集団の価値意識の測定方法であるトレードオフ法を用いて、価値関数の推計を行った。価値関数を構成する属性としては、 x_1 (住宅の売り値 (万円))、 x_2 (敷地面積と土地面積 (m²))、 x_3 (通勤時間 (分))、 x_4 (日照 (時間))、 x_5 (買物の便、所要時間 (分))、 x_6 (公共サービスの便 (便利:1, 不便:2))、 x_7 (騒音レベル (dB(A))) の7項目をとった。1対比較法の質問では騒音レベルと住宅価格に関するトレードオフ関係を質問した。

質問では騒音がほとんど気にならない住宅 (ピーク時で60 dB(A)) を基準案として、他の属性は好ましいが騒音レベルは大きい住宅を代案として選好結果を求めた。このモデルでは、騒音レベルも含めたこれらの属性

の差によって住宅選好が変化すると想定もしている。価値関数の推定結果は次の式 (20) のとおりである。

$$U = -1.0x_1 + 11.4x_2 - 8.2x_3 + 35.1x_4 - 11.5x_5 - 260.4x_6 - 20.1x_7 \dots\dots\dots(20)$$

ここに、 U は貨幣換算された効用 (万円/戸) である。この価格数を用いたときの選択比率の推計値と実データによる選択比率との相関係数は0.945であり、良好な再現性を示しているといえる。したがって、この価値関数を用いて、集団としての貨幣と経済的被害との限界代替率、すなわち経済的被害をかなりの精度で推定することができる。すなわち、式 (20) の結果によれば、1 dB (A) の騒音レベルの上昇と、住宅価格20.1万円の下降が効用値を不変におくことになるので、1 dB(A) 当りの経済的被害が約20万円であるといえることができる。ただし、この額は将来にわたる住宅サービスへの支払い総計なので、上述した年間換算法を用いると、80 dB(A) から100 dB(A) の上昇に対しての年間経済被害額は、年間換算で約24万円ということになる。

d) 直接質問による方法

アンケート調査により、「もし航空機騒音がなくなるならば、お宅では1か月当たりいくらお金を支払ってもよいとお考えですか」という形で支払い対価を直接質問している。回答結果は表-4のとおりである。

この結果によれば、回答者の平均的支払い対価としては9千円/月であり、また騒音レベル

表-4 航空機騒音の除去に対する支払対価 (月)

騒音レベル (dB)	世帯平均 (百円)	無効票率* (%)
80 未満	21.1	65.9
80~ 85	75.3	41.9
85~ 90	25.0	60.0
90~ 95	48.4	62.7
95~100	74.7	65.2
100 以上	307.9	62.5
全 地 域	93.0	57.1

* 無効票とは、支払金額の回答がなかったものをいう。

別にみると、騒音レベルの上昇とともに支払い対価は増加し、80 dB(A) 未満の地域で2千円/月、100 dB(A) 以上の地域で約3万円/月が、支払い対価として回答されている。この差を用いると、80 dB(A) から100 dB(A) への騒音レベルの増加に伴う経済的被害は年間約25万円~35万円といえることができる。ただ、注目されるのは表-5にも示されているように無効票率の高さである。これは騒音被害を受けている実感と、支払い対

表-5 各計測方法による年間世帯当たり被害額

計測方法	騒音レベルが80 dBから100 dBに上がった場合の年間世帯当たり被害額
直接質問による計測	25~35万円/年
直接支出による計測	13~14万円/年
価値意識による計測	24万円/年
地価分析による計測	13万円/年

注) 資産価値を年間換算する場合は、6%の償却率を用いた。本表は主として自宅居住者に対するアンケートからの作成である。

価、すなわち損失すべき所得額とは結びつきにくいことが一因になっていると思われる。これは前章にも述べた環境権の問題であり、補償されるべきだと思っている回答者に対しては騒音の除去に対して支払いに値する額を聞くよりは、「あなたにどれだけ支払われれば耐えられるか」の形で補償額を聞く方がはるかに回答が容易であろう。したがって、環境権の帰属状況に沿った質問の設定が、精度を高めるために必要であると思われる。

(3) 事例研究の結論

前項 a)~d) のそれぞれの方法による結果を、騒音レベルが 80 dB(A) から 100 dB(A) に上昇した場合の年間世帯当たり被害額について表-5 に一括して示している。計測された被害額は、その計測方法によって年間約 13 万円~35 万円と幅をもっている。これらの数値および事例研究全体から得た結論は次のとおりである。

① 経済的被害を意識量のまま抽出する方法は、直接に支払い対価（補償額）を聞くものと、1 対比較質問から作成する価値関数によるものがある。前者については、経済的被害の定義どおりの質問形態ではあるものの、無効票率が高く、回答の信頼性が低い欠点をもっている。特に所得の支払い対価（willingness to pay）で聞くのか、または補償（need to be paid）で聞くのか、環境権の帰属を含めて十分に留意されねばならない。これに比較して、後者の価値意識を価値関数から得る方法はアンケートのうえでの単なる比較選好の結果をもとにするものであり、前者に比べて信頼性は非常に高い。事実、今回の調査においても無効票率は非常に少なかった。ただし、今回用いたトレードオフ法は、回答者が同一の価値関数をもつと仮定した場合の平均的価値意識を抽出するものであり、個人の価値意識を合成する問題はまだ残っているといえよう。

② 騒音防止支出や健康関連支出から算定する方法は、消費における支出増を積算すればよいので、算定上は単純である。しかしながら、支出増と定義された経済的被害とが必ずしも一致しないことから、この方法の適用範囲は限られているといえよう。

③ 地価分析による方法は、収集した売買事例データの信頼性によるところが大きい。今回の事例研究においても、欧米各国のもの比べるとモデルの説明力は低かった。この方法は、モデルの説明力および各係数の信頼性についての統計的検定を満たせば、被害の抽出方法として非常に優れているが、実データから構成されたモデルはなかなかこの検定を満たしにくい。これは地価決定のシステムを容易に特定化できないことが反映しているものと考えられる。

④ 被害の意識量から直接抽出したもの（直接質問、

トレードオフ法）と、いったん市場データに反映した側面でもとらえたもの（地価分析、個別支出）との被害額で、前者は約 24~35 万円、後者は約 13~14 万円と差が出た。これは、個別支出においては、前章で述べたような定義された経済的被害と追加的支出との間にかい離性があること、また、ある程度の耐苦によって、消費構成になんらかの変化をきたさなければ、直接支出としては計上されないこと等から、意識量を直接に抽出したものに比較して過小評価になっているものと考えられる。次に地価分析における過小評価についても、前章で述べたように、移動障壁が市場データにおける評価を低くすることによっているものと考えられる。

6. 結 言

著者らは、社会的費用の計測の意義およびその意義に沿った被害計測方法について考察を加えてきた。最初に既存の被害計測方法を列挙し、それらが測定されるべき真の経済的被害の計測方法として妥当であることの理論的根拠および実際の適用上の問題について検討を加えた。次に、実際のアンケートおよび売買事例調査を通じてそれぞれの手法による経済的被害測定を行った。その結果、手法によって差異はあるものの約 10~35 万円（1 世帯・1 年間当たり）とほぼ安定した数値を得た。しかも、この幅は、主観的な意識量を直接に抽出した場合と、市場データによった場合の差から生じるものであり、これは 4. の理論的検討、問題点でふれたような理由による、市場データを利用した場合の過小評価の可能性から裏づけできるものである。このことは、定義に沿った経済的被害が、ある程度の信頼性をもって計測されることの可能性を示すものである。

著者らは本研究の目的として、社会的費用の概念の確立とその計測可能性に焦点をあてた。この目的は以上のことで達せられたと考えられるが、定義された真の経済的被害と各手法による計測値とのかい離についてのさらに詳細な理論的分析、最良の計測手法の開発（選定）、価値意識法による場合の個人的価値意識から集団のものを合成する問題等は、残された課題である。

参 考 文 献

- 1) 宇沢弘文：自動車の社会的費用，岩波書店，昭和 49 年。
- 2) Michalski, W. : Grundrueg Eines Operationalen. Konzepts Der "Social Costs", 1965.
- 3) Burns Michael E. : A Note on the Concept and Measure of Consumers' Surplus, The American Economic Review, June, 1973.
- 4) Kaldor, N. : Welfare Propositions of Economics and Interpersonal Comparisons of Utility, Economic Journal, Sept., 1939.

- 5) Roskill Commission : Report of the Commission on the Third London Airport, 1971.
- 6) Colman, Allan H. : Aircraft Noise Effects on Property Values, Environmental Standards Circular, City of Inglewood, California, Feb., 1972.
- 7) Emerson, Frank C. : The Determinants of Residential Value with Special Reference to the Effect of Aircraft Nuisance and Other Environmental Features, Ph.D. Thesis, University of Minnesota, 1969.
- 8) Walters, A.A. : Noise & Prices, Clarendon Press, Oxford, 1975.
- 9) 東京都公害研究所調査部 : 公害による経済的損失の評価Ⅲ—総括編一, 昭和49年10月.
- 10) 大阪市環境保健局環境部 : 公害による経済被害調査結果報告書, 昭和49年2月.
- 11) Hoinville G. and R. Berthoud : Identifying Preference Value, Social and Community Planning Research, August, 1970.
- 12) 三菱総合研究所 : 環境悪化の社会的費用に関する研究, 1977年9月.
- 13) Morisugi, H., N. Miyatake and T. Yoshida : A Psychometric Model for Estimating Noise Pollution Damage Costs, Proceedings of Institutional Conference on Cybernetics and Society, I.E.E.E., 1978.
- 14) British Airports Authority : Evidence Presented at Stage V of CTLA Proceedings, Documents 5006 A. B. and C.
- 15) Small, K.A. : Air Pollution and Property Values, Further Comment, Vol. 50, pp. 105~107, 1976.
- 16) Keeney, R.L. : Multiplicative Utility Functions, Operational Research, Vol. 23, No. 2, 1976.
- 17) 宮武信春・中村 豊 : 個人の価値意識の計量化方法の比較, 計測自動制御学会論文集, Vol. 15-2, 1979.
- 18) 宮武信春・森 正三・古田勝久 : 多属性効用関数のベイズ推定と評価問題への応用, 計測自動制御学会論文集, Vol. 14-4, 1978.
- 19) 奥野健夫ほか : 多変量解析法, 日科技連, 1971.
- 20) 谷 明良・宮武信春 : 通勤経路選好特性の計量化手法, 土木学会論文報告集, 第267号, 1977.
- 21) Thurstone, L.L. : The Measurement of Values, 4th Impression, University of Chicago Press, 1970.

(1979.1.19・受付)