

公共システム整備のための評価指標—研究系譜と今後の課題—

WELFARE ORDERING MODELS FOR PUBLIC UTILITY PLANNING —A CRITICAL REVIEW AND RESEARCH SUBJECTS—

小林 潔司*

By Kiyoshi KOBAYASHI

The theoretical literature on social welfare judgement has always been concerned with the determination of common decision criteria that integrate, in some way or another, the different preferences of participating individuals. The aggregation problem has become a fundamental subject in the formal analysis of the welfare assessment of public utility systems. In planning terms, the aggregation problem can be formulated as the problem of deriving a social welfare ordering among planning alternatives. The major purpose of this paper is to discuss the specific conditions and axioms underlying various kinds of welfare assessment models, and to give a critical review of that part of social welfare theory which has strong ethical implications for the public/private provision of public utilities.

Keywords: welfare assessment, public utilities, aggregation problem

1. はじめに

公共システムの整備水準の評価にあたっては、効率性 (efficiency), 衡平性 (equity) という視点が重要である。効率性に着目した評価方法に関しては研究の蓄積¹⁾がある。整備水準の不平等の是正を目的とした評価方法や分析モデルも提案されている²⁾。周知のように、効率性と衡平性の間にはトレードオフの関係があり、両者の要求を同時に満足する整備案を見出すことは不可能に近い。現実には両者の間に妥協点を見出さざるを得ない。

この種のトレードオフの問題を処理する場合、価値判断の問題を避けることは不可能である。計画者が価値判断から中立であることが不可能である以上、論議の基礎となる価値判断の基準を明確に示すことが不可欠である。計画の分析や評価にあっても、価値判断の基準を明示的に取り込めるような分析枠組みを設けるとともに、ある特定の価値判断がもたらす計画論的帰結について詳細に分析しておくことが必要である。

公共システムの整備水準の評価方法に関しては、土木計画学の分野で多くの研究・実践の蓄積がある。これらの評価方法はある特定の価値判断に基づいたものである

が、その基礎となる価値基準はあまり明確にされてこなかった。公共システムの整備の重点が従来の量的拡大から質的拡充に移行しつつある今日、改めて公共システムの整備水準の評価のための基本的な考え方について考え直すことは意義深いことであろう。

倫理学、経済学の分野では、社会的評価論に関する多くの研究の蓄積がある。本稿では、これらの研究成果に基づいて、公共システムの評価に関する基本的な考え方をとりまとめたいと考える。もとより、社会的評価論が対象とする領域やその射程の範囲は非常に広範囲にわたる。本研究では、あくまでも公共システムの整備水準を相対的に序列化するための評価指標の問題に議論の対象を絞ることとする。以下、2. では評価の役割と意義について考察し、3. では、公共システムの評価における問題点を明確にする。4. では、評価方法が満足すべき基本的な要件について言及する。5. では具体的な評価方法と評価指標をとりまとめ、6. では、土木計画学の分野での今後の研究課題について考察する。

2. 公共システムの評価問題

(1) 公共システムの評価の役割

近代民主主義の礎となっている社会契約論^{3),4)}の立場に立てば、「個人の選好は公共の立場からなされる意思

* 正会員 工博 鳥取大学助教授 工学部社会開発システム工学科 (〒680 鳥取市湖山町南 4-101)

決定のための基本的な素材であり、公共システムは諸個人の意識を充足するための基本的な手段として設計されるべきである」と考えることができる。したがって、公共システムの評価とは、公共主体が社会的厚生という側面からその整備水準に対して規範的な意味を賦与する行為であると解釈できる。すなわち、公共主体は公共サービスに対する個々の厚生の分布状況を公共の立場から評価し、改善が必要であると判断される場合には、公共システムの整備を通じて個々の厚生の状況を改善するという役割を担っている。その際、公共システムの望ましきは、基本的にはそれを利用する個々の価値判断の結果に基づいて評価されなければならない。

このような社会契約論的立場⁹⁾に立てば、公共システムの整備水準とは、公共システムに対する個人の選好結果を何らかの形で集計した結果にほかならない。この場合、計画者の役割は、何らかの倫理的規範に基づいて個々の選好結果を集計し、公共システムの望ましさを評価することにある。Arrow⁵⁾も述べるように価値中立的に個々の選好を集計化することは不可能であり、公共システムの望ましさを評価する場合、外的な価値基準を導入せざるを得ない。したがって、公共主体は、公共システムの評価の基礎となる価値基準を明示的に表明し、それがもたらす倫理的、経済的帰結に関して深い洞察と理解をもっていなければならない。民主主義体制の下では、その価値基準の是非は、民主主義的ルール^{6),7)}により議会を通じて議論されなければならないとされる。

(2) 評価指標と尺度問題

評価指標がある価値規範の言明であったとしても、それが科学的手続きにより客観的に測定されなければならないことはいうまでもない。評価指標としてどの程度の客観性、厳密性を有するべきかは、その指標が用いられる目的に本質的に依存する。本研究では、計画者が異なる代替案の下で生じる個人の厚生の状態を相対的に比較・評価し、異なる社会的状況の望ましさを序列化する問題に焦点を絞ることとする。公共システムの評価問題をこのように限定すれば、評価尺度は基数尺度である必要はなく、代替案の望ましさを序列化できる順序尺度で十分である。評価指標が順序尺度で表現される場合、評価指標 x を単調に変換する $f(x)$ は、 x と同一の評価順序を与える。したがって、ある評価指標 x を指定すれば、それと同値な評価結果を与える評価指標の集合を規定することができる。以下では、このような評価指標の集合をそれに含まれる代表的な評価指標 x を用いて $f(x)$ と表現し、このような関数を評価指標の一般形とよぶ。

評価指標が順序尺度で表現される場合、その形式はある特定の集合に属する任意の指標で表現できる。このような集合を指定するものは、4. で述べるような価値判

断に関するある特定の倫理的規範であることはいうまでもない。どのような倫理的規範を重要視するかは、その問題が置かれている社会的コンテキストに対する現実的な判断に委ねられよう。

3. 社会的評価の基本的な問題点

(1) 社会的評価の可能性

公共システムの社会的評価を行う場合、個人の選好と社会的な順序づけの間に対応関係を規定しなければならない。Arrow は、民主主義的決定ルールに関するある一組の緩い制約の下で、社会的順序づけを行う社会的厚生関数が存在しないことを証明した⁹⁾。その後、Arrow が示した決定ルールの条件を緩めることにより、社会的厚生関数を構成しようとする多くの試み⁸⁾⁻¹¹⁾がなされたが、いずれも否定的な結果に終わっている。

Arrow の不可能性定理の本質は、民主主義的決定の条件にあるのではなく、社会的厚生関数の概念そのものにある^{12),13)}。社会的厚生関数は社会の選好を個人の順序づけに依存するものと考え、個人の選好の強さの評価もしなければ、効用の個人間での比較¹⁴⁾も行わない。このような条件のもとで、個人の選好の集計化が不可能となるのは当然の結果である¹²⁾。個人間の効用比較を認めれば、多数の社会的評価の方法が可能となる。個人間の効用比較は、何らかの価値判断が必要になるため、事前に外的な価値基準を明示的に示し、公共システムの社会的評価を行うという考え方も存在しよう。Kolm¹⁵⁾、Atkinson¹⁶⁾、Sen¹²⁾ らによる先駆的な研究を契機として、このような考え方に基づく社会的評価論に関する研究が蓄積されてきた。本稿では、これらの研究成果を踏まえて公共システムの整備水準の評価に関する基本的な考え方について整理することとする。

(2) 個人間の効用比較と社会的価値判断

個人間の効用の比較可能性を前提とした評価方法のうち、最も広く利用されるものは巧利主義的方法¹⁷⁾である。個人の効用の総和を社会的厚生 of 尺度と考え、代替案の望ましさを個人の効用の総和によって順序づける方法である。このアプローチの問題点は、社会的な効用の総和が個人の間でいかに配分されるかに関して全く考慮を払っていないことである。巧利主義的方法は簡便で魅力的な1つの考え方ではあるが、不平等に関する価値判断のためのフレームワークとしては適正をきわめて欠いているといわざるを得ない¹⁸⁾。

公共システムの評価問題に、不平等に対する配慮を含めるためには、社会的公正に対するいくつかの倫理的規範を導入することが必要となる。この場合、異なる個人の立場に立って、公共システムの整備水準の不平等の程度を比較評価しなければならない。ここで、異なる個人

の立場に立つという考え方は、1) 中立的な人間が介在する、2) 各個人が他人の立場に立って考えるという2つの解釈が可能である。本研究では前者の立場から、計画者がある倫理的規範のもとで異なる個人間の効用水準を比較する問題をとりあげる。

なお、後者は個人効用の直接的な比較を避けながら、羨望がないという意味で社会的に望ましい状態を摸索しようとする試みである^{19)~21)}。羨望がない状態とは、すべての個人が他の個人の立場に立った場合に得られる効用より自己が現在獲得している効用の方が大きいと判断するような状態を意味している。羨望がなく、かつ効率性が保証される状態を公平 (fairness) とよぶ。公平性の概念は、公共システムの評価問題にもいくつか適用されている²²⁾。この概念を外部的経済性が存在する局面で実現することは困難である^{23)~25)}が、そのような立場から公共システムの望ましいあり方を摸索することは、今後に残された研究課題であろう。

計画者が異なる個人の効用水準を比較するためには、判断基準となる個人の効用尺度が以下の条件を満足しなければならない^{12),13)}。すなわち、1) 個人間の効用の比較可能性を否定すれば、公共システムの望ましさを序列化を決定できない、2) 効用水準の差が比較可能であれば、巧利主義の評価尺度を構成できる。しかし、効用水準が比較できず差だけが比較できるという状況はきわめて特殊である。3) 衡平性の問題を議論するためには、効用水準だけが比較できればいい。4) 効率性と衡平性を同時に議論するためには、効用水準とその差がともに比較可能でなければならない。すなわち、公共システムの効率性、衡平性の問題を同時に議論するためには、個人の公共システムに対する評価結果が基数的に測定可能であることが要請される。

4. 評価のための価値基準

(1) 評価問題の定型化

公共システムの整備水準を社会契約論的な立場から評価しよう。いま、ある社会の成員たちの公共システムの機能に対する効用水準が基数尺度により与えられているとしよう。個人 i ($i=1, \dots, N$) の効用水準を x_i と表わし、個人の評価結果の集合 (社会的プロフィール) x を $x=(x_1, \dots, x_n) \dots \dots \dots (1)$

と定義しよう。公共システムの評価問題とは、社会的プロフィール x に対して社会的選好関係 \succeq を規定することにほかならない。各個人の選好関係を集計して、社会的選好関係 \succeq を構成することは不可能である。したがって、社会的選好関係 \succeq は、国民の信託を受けた公共主体が規定せざるを得ない。本稿では公共システムの評価問題を、公共主体の立場から社会的プロフィールに対して社会的選

好関係 \succeq を規定する問題と定義する。社会的選好関係 \succeq の規定に際しては、計画者の価値判断が介在せざるを得ないが、その考え方が社会的に受容可能でなければならない。本稿では、社会的選好条件が満足すべき一組の条件を価値基準とよぶこととする。

社会的プロフィールの望ましさを指示する評価指標を、社会的選好関係 \succeq を強単調に変換する連続関数 $v(x) : E^N \rightarrow R$ として記述しよう。 E^N は各個人の評価結果を示す N 次元ユークリッド空間である。 $v(x)$ は次の条件を満足する関数である。

(定義1: 強単調条件)
 $x \geq y$ であり、かつそのときのみ $v(x) \geq v(y)$ 。 また、
 $x > y$ であれば $v(x) > v(y)$ 。

ここで問題は、ロールズ基準 (maximin 基準)^{26),27)}、辞書式選好 (leximin) 関係²⁸⁾ を、強単調条件を満足する評価指標として表現できないことである²⁹⁾。辞書式選好とは、任意のプロフィールの構成要素の中で、最悪の要素に着目し (最悪の要素が同一水準であれば、逐次その次に悪い水準の要素に着目し)、プロフィールの間に全順序関係を規定する方法である。なお、評価関数が選好関係を弱単調に変換すればいいと考えれば、すべての完備・推移的な社会的選好関係 \succeq を評価関数により表現できることが証明されている³⁰⁾。ここで、 $v(\cdot)$ が弱単調とは $x > y$ のとき、そのときのみ $v(x) > v(y)$ が成立することをいう。しかし、このような評価関数はきわめて特殊であり、実用性という見地から、本稿では定義1に示す評価指標に焦点を絞ることとする。

社会的選好関係 \succeq とは計画者が考える価値基準を表現する二項関係である。社会的選好関係に関する何らかの価値基準が示された場合、評価結果はその基準に基づいて客観的に導出されなければならない。一般に、社会的選好関係 \succeq に何らかの条件が課せられた場合、評価指標 $v(x)$ が取り得る形式に制約が生じる。逆にいえば、ある形式を満たす評価尺度を用いることは暗黙のうちにある種の価値基準を想定していることにほかならない。

(2) 基本的な価値基準

a) 無名性基準 この基準は、すべての個人は公共システムの整備水準の評価にあたって平等に取り扱われなければならないことを要請する³¹⁾。

(条件1: 無名性基準)
 v はその変数 x_i ($i=1, \dots, N$) に対して対称的である。
 変数の順序を入れ替えても評価値は変化しない。

この基準は評価にあたって各個人が手続的に平等に取り扱われることを要請しているのであって、各個人に対する公共サービスが結果として平等でなければならない

と主張しているわけではない。また、属性の異なるすべての個人を同等に取り扱わなければならないことを要請しているのでもない。あくまでも同一の属性を有する個人は、同等に取り扱われなければならないことを要請しているのである。

b) パレート性基準 従来より公共システムの効率性の評価基準として、パレート性基準³²⁾が広く用いられてきた。この基準は以下のように表現できる。

(条件2：パレート性基準)
 $x, y \in E^N$ かつすべての $i (i=1, \dots, N)$ に対して、 $x_i \geq y_i$ であれば、 $v(x) \geq v(y)$ 。すべての i に対して $x_i > y_i$ であれば $v(x) > v(y)$ 。

パレート性基準については、厚生経済学の分野で研究^{33)~35)}の蓄積がある。この基準を無条件に受け入れるべきかどうかに関しては懐疑的な見解を示す研究者も少なくない^{36), 37)}。リベラル・パラドクス³⁸⁾に凝集されるように、パレート基準と個人の自由は一般に両立不可能である。個人の自由とは、個人が他人の意思決定と無関係に自らの意思で自由に決定できる領域をもつことを意味する。換言すれば、このパラドクスはいかなる人間活動も他人の活動と全く無関係に切り離せるほどに私的なものはほとんどないことを意味する。個人の自由とパレート性のいずれを優先すべきかという問題は、J. S. Mill³⁹⁾をはじめとし倫理学上論争^{40), 41)}が繰り返されてきた難問である。この問題に明快な解答を見出すことは不可能であり、柔軟に対処していくほかないであろう。公共システムの整備におけるパレート原理は、公共支出における無駄を極力抑えることであり、租税に基づく財政支出を旨とする公共主体の行動規範として幅広く受容可能な価値基準と考えることができよう。

c) 弱衡平性基準 衡平性の価値基準として、租税学で提唱された Pigou-Dalton^{42), 43)}の原理がある。この原理によれば、高所得者から低所得者への所得の移転により所得格差が縮小される限り、社会的厚生は減少しない。公共システム整備問題を念頭に置き、Pigou-Daltonの原理を次のように一般化しよう。

(条件3：弱衡平性原理)
 $x, y \in E^N$ に対して、 $x_k = y_k (k \neq i, j)$ かつ $x_i + x_j = y_i + y_j$ が成立すると仮定しよう。このとき、 $|x_i - x_j| < |y_i - y_j|$ が成立すれば、 $v(x) > v(y)$ である。

弱衡平性基準は広範な社会的衡平概念を両立可能であることが保証される^{44)~46)}。弱衡平性基準は、できる限り価値判断の入り込まない客観的な平等概念を導出しようという考え方のもとに生まれた。すなわち、評価指標のあり得べき多様性はできる限り容認し、平等主義という

観点から評価指標として最低限必要な制約条件を求めたものである。Dasgupta-Sen-Starrett は、次のような定理を証明した⁴⁷⁾。

(定理1：Dasgupta-Sen-Starrett の定理)
評価尺度 v が微分可能であると仮定する。このとき、評価尺度が弱衡平性基準を満足するための必要十分条件は、すべての $x \in E^N$ に対して、 $x_i \leq x_j$ のとき
 $(\partial v / \partial x_i) \leq (\partial v / \partial x_j)$ (2)
が成立することである。また、 $x_i < x_j$ の場合、
 $(\partial v / \partial x_i) < (\partial v / \partial x_j)$ (3)
が成立しなければならない。

弱衡平性原理を満足するような選好関係を表現する評価指標 v は必ず存在する⁴⁷⁾。個人の厚生をの総和で定義される巧利主義的評価方法は、個人間での厚生を問題にしないため、定理1の条件(2)、(3)を満足しない。したがって、弱衡平性基準を満足しないことがわかる。

さて、以上の3つの条件は公共システムの整備水準を効率性、衡平性の両側面から評価するために最低限必要な基準である。このような条件を満足する評価指標の一般形は以下のように表現できる。

$$W = v(x_1, \dots, x_N) \dots \dots \dots (4)$$

ただし、 v は定理1の条件を満足する。

d) homotheticity 弱衡平性基準は広く社会的に容認されているが、残念ながらこの基準だけで社会的プロフィールをすべて序列化できるわけではない。社会的プロフィールを完全に順序づけするためには、弱衡平性基準よりさらに強い衡平性基準を持ち込まざるを得ない。関数 v に対して定理1の条件以外に、より強い条件を付加しなければならない^{48)~57)}。表-1には、代表的な付加条件の計画論的な含意について整理している。ここでは、関数 v の homotheticity⁵⁸⁾に着目しよう。

(条件4：homotheticity)
評価関数 v が一次同次な関数 θ の単調関数として
 $v(x) = f(\theta(x)) \dots \dots \dots (5)$
と表現できる場合、 v は homothetic である。 θ の一次同次性より次式が成立する。
 $f(\theta(\lambda x)) = f(\lambda \theta(x)) \dots \dots \dots (6)$

この条件は社会的プロフィール x の測定単位を変えてもその選好順序は変化しないことを表わす。特に、公共システムの評価にあたっては、システムの機能的水準を表現する評価値を用いて社会プロフィールを定義する場合が多い。したがって、評価結果が単位の取り方に影響を受けないことは、公共システムの評価指標が満足すべき条件の1つとして考えることができよう。次節では条件4を満足する評価指標の性質を詳細に検討しよう。

表一 代表的な評価指標と基準となっている価値基準

評価指標	(以下の式を単調 変換した指標は 同値クラスを形成)	基本的価値基準			付加的基準		備 考
		無名性	パレート性	弱 衡 平 性	ホモ ジ テ チ テ ィ 性 ^{*)}	原 点 独 立 性 ^{**)}	
加重和	$\sum \lambda_i x_i$ ($\lambda_i \geq 0$)	×	○	×	○	○	$\lambda_i = \lambda$ (一定)の時、無名性が成立。
0-1指標	$\min(x_i)$	○	×	×	○	○	評価指標が連続性を満足しない。
2次関数	$K \sum_i (x_i/\bar{x})^2$ ($K < 0$)	○	×	○	×	×	変動係数 $V^{1/2}/\bar{x}$ による評価結果と同値。 恵まれた人に重点を置いた評価結果を得る。
対数分散	$K \sum_i (\log x_i)^2$ ($K < 0$)	○	○	×	×	×	恵まれた人に重点を置いた評価結果を得る。
エントロピー指標	$\sum_i x_i (\log(1/x_i))$	○	○	○	×	×	恵まれた人に重点を置いた評価結果を得る。 評価結果はタイル尺度に一致。
71キーン指標	$\bar{x} \{ \sum_i (x_i/\bar{x})^{1-\epsilon} / n \}^{1/(1-\epsilon)}$ ($\epsilon \neq 1$ の時)	○	○	○	○	×	ϵ が0の場合、評価値の単純和に一致。 ϵ が ∞ の場合、0-1指標に一致。 ϵ の値が大きくなるほど衡平性重視。
コルム指標	$\bar{x} \{ \prod_i (x_i/\bar{x}) \}^{1/n}$ ($\epsilon = 1$ の時) $\bar{x} + \epsilon^{-1} \log [\sum_i \exp(-\epsilon x_i) / n]$ ($\epsilon > 0$)	○	○	○	×	○	ϵ の値が大きくなるほど衡平性重視。 ϵ が ∞ の場合、0-1指標に一致。

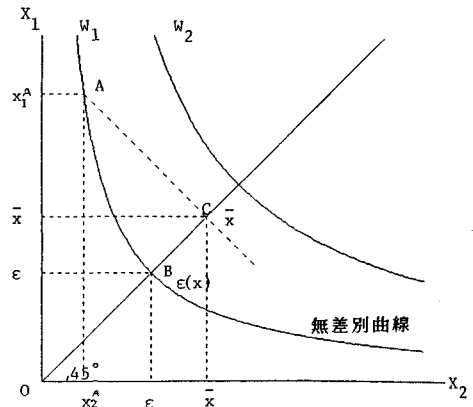
注) ○印は当該の条件を満足することを、×印は満足しないことを表す。また、 V は分散、 \bar{x} は平均値、 λ, K, ϵ はそれぞれ定数である。
 *) ホモジテチティ: 定義は本分中参照。この条件を課すことは厚生順序づけが整備水準の絶対値によらず単に整備水準の相対分布によることを要請していることに他ならない。また、各個人の整備水準が同じ比率で増加した場合、評価結果は変化しない。一方、整備水準の等量ずつの改善は社会的厚生の上をもたらすことを想定している。
 **) 原点独立性: 原点を任意に設定しても評価順位が変化しないことを意味する。すべての個人の整備水準が等量だけ増加しても代替案の望ましきの順序は変化しない。衡平性を改善するためには、整備水準の悪い個人により多くの量の改善がなされなければならないことを主張する。コルム指標はこの基準を満足するが、線形指標を除く他の指標は、整備水準の等量の改善が社会全体の衡平性を改善するという考え方を暗黙のうちに想定している。

5. 評価指標の一般形

(1) 効率性と衡平性

公共システムの整備水準を評価する場合、望ましきに対する理念を効率性と衡平性という相反する概念に分割し、効率性と衡平性の問題を別個に議論する機会が多い。しかし、この2つの概念はもともと排他的に分離可能なものではない。ある個人にとって公共システムが改善されることも、社会全体にとって改善されることも同様に望ましい。したがって、望ましい公共システムの整備水準に関して、衡平性と効率性の側面から同時に議論できるような分析枠組みの開発が望まれる。このような評価方法に関する研究は、Kolm¹⁵⁾が先鞭をつけ、Atkinson¹⁶⁾、Sen¹²⁾らによって継承された。

いま、 N 人の個人からなる社会を考えよう。計画者が各個人の効用水準を較量しながらある公共システムを整備すると考えよう。各個人の効用水準(あるいはサービス水準)をそれぞれ x_i ($i=1, \dots, N$) と表わそう。図一1には計画者が考える無差別曲線を描いている。この無差別曲線に対応する評価指標を $v(x)$ と表わそう。評価指標は、各個人の効用水準の関数であり、原点に対して強い凸関数となっている。したがって、評価関数は、4. で述べた3つの条件(無名性基準、パレート性基準、弱衡平性基準)を満足している。ある任意の状況 x (たとえばA点) に対して、計画者がそれと無差別であると考える平等的状況 $\epsilon(x) = (\epsilon, \dots, \epsilon)$ (点B) を定義しよう。



図一1 プロファイルの社会的評価

図において、平等的状況は45°線上に位置する。

いま、 v がhomotheticityの条件を満足し、社会的プロフィールの単位の影響を受けないと仮定する。このとき、

$$W = \bar{x} v(x_1/\bar{x}, \dots, x_N/\bar{x}) \dots \dots \dots (7)$$

が成立する。ここに、 $\bar{x} = (\sum_i x_i) / N$ である。一次同次の条件より、 $v(1, \dots, 1) = 1$ が成立する。したがって、

$$\begin{aligned} W &= \bar{x} v(x_1/\bar{x}, \dots, x_N/\bar{x}) \\ &= \bar{x} v(x_1, \dots, x_N) / v(\bar{x}, \dots, \bar{x}) \\ &= \bar{x} \eta(x) = \epsilon \dots \dots \dots (8) \end{aligned}$$

となる。 $\eta(x) = v(\epsilon, \dots, \epsilon) / v(\bar{x}, \dots, \bar{x}) = \epsilon / \bar{x}$ であり、平等的状況の評価値とすべての個人の効用水準が個人プロフィールの平均値と等しい場合の評価値の比を表わして

いる。W を単調に変換する任意の関数 f を考え、新しい評価尺度 $W' = f(v(x))$ を考えよう。W' を用いても、代替案の望ましい順序関係は変化しない。このとき、任意の単調関数 f に関して $W' = f(v(x))$ はある評価指標のクラスを指定する。

(2) プレミアム指標⁵⁰⁾

計画者の整備水準に対する価値判断が、弱公平性基準を満足する場合、次式が成立する。

$$\bar{x} > \varepsilon(x) \dots\dots\dots (9)$$

公共システムの整備水準が個人間で等しくない場合、整備水準の平均値 \bar{x} は平等的整備水準 $\varepsilon(x)$ より大きくなければならない。J(x) = 1 - $\eta(x)$ を定義する。J(x) は個人間での不平等が大きいかほどその値は大きくなり、平等的であれば最小値 0 をとる。J(x) は個人プロフィールの不平等による評価値の減分率 (社会的プレミアム) を表わしている。式 (8) より、評価指標 W が homotheticity の条件を満足する場合、評価指標 W を効率性を表わす平均値 \bar{x} と公平の程度を表わすプレミアム J(x) を用いて一意的に表現できることがわかる。ところが、このような性質を満足する指標の数はそれほど多くない。特に、前述の 3 つの基本的な価値基準と homotheticity の条件を同時に満足する指標は Atkinson 指標に限られることがわかっている¹⁶⁾。なお、プレミアム指標 J(x) に関するいくつかの性質⁵⁹⁾ を以下に簡単に整理しておく。

(補題 1: プレミアム指標の性質)

プレミアム指標 J(x) は以下の性質を満足する。

- (i) $0 \leq J(x) \leq 1$;
 $J(x) = 0$, iff $x = (\bar{x}, \dots, \bar{x})$
- (ii) $J(u) < J(v)$; u が弱公平性基準の意味で v を優越する場合、
- (iii) 任意の $\lambda \geq 0$ に対して $J(\lambda x) = J(x)$

(3) 評価指標のサブグループ分離性

近年、評価指標のサブグループ分離性に関する研究が蓄積されてきた。サブグループ分離性とは、いくつかの属性の異なる個人のグループに対して定義された評価指標を社会全体の総合的な評価指標として集計できるための条件を示している⁵⁹⁾。土木計画学分野では、個人を地域や属性によってグループに分割し、各グループ間で公共システムの整備水準を比較・評価する必要性に迫られる場合が多い。この場合、グループの分割方法により評価結果が影響を受けることは望ましくない。サブグループ分離性とはグループの分け方によって集合全体での評価結果が変化しないことを要求しており、属性の異なる個人の集団が多様な目的で利用する公共システムの整備水準の評価指標として不可欠な条件であると考え

る。

(条件 5: サブグループ分離性)

ある集団に含まれる個人を N ($N \leq T$) と N/T に分割する。記号 / は集合差を意味する。いま、 $\bar{u}_T = \bar{v}_T$ となるようなベクトル $u_T, v_T \in E_{++}^T$ と $u^{N/T} \in E_{++}^{N/T}$ が存在するとしよう。J_T(u_T) \geq J_T(v_T) であるとき、かつそのときのみ $J_N(u_T, u_{N/T}) \geq J_N(v_T, u_{N/T})$ が成立するとき、プレミアム指標 J はサブグループ分離性を満足すると定義する。ただし、J_i はサブグループ i に対して定義されたプレミアム指標である。E_{++}^T = {x | x_i > 0, (i \in T)} である。

上述のようにグループ間での整備水準の相対評価を行う場合、サブグループ分離性は必要不可欠な条件となるが、残念なことにサブグループ分離性を満足するような評価指標の数はそれほど多くない。実際、ある特定の形式を満足するものに限られる。Shorrocks⁵⁹⁾ はプレミアム指標が補題に示す性質を満足し、かつサブグループ分離性を満足するようなプレミアム指標の一般形を求めることに成功した。ここに、以下の定理を得る。

(定理 2: 評価指標の一般形)

任意の n (個人数) に対して補題およびサブグループ分離性を満足する連続なプレミアム指標 J(x) が存在すると仮定しよう。このとき、評価指標は任意の単調連続増加関数 Φ を用いて

$$v(x) = \Phi [\bar{x} [1 - J(x)]] = \Phi [\bar{x} \eta(x)] \dots\dots\dots (10)$$

と表現できる。また、プレミアム指標は任意の実数 c と $f(0) = 0, f(x) \leq 1$ を満足する任意の単調連続増加関数 f を用いて以下のように表現できる。

$$J(x) = f \{ \sum_i [(x_i / \bar{x})^c - 1] / nc(c - 1) \} \dots\dots\dots (11)$$

$c = 0, c = 1$ の場合にはそれぞれ以下ようになる。

$$J(x) = f \{ \sum_i \log (\bar{x} / x_i) / n \} \dots\dots\dots (12)$$

$$J(x) = f \{ \sum_i (x_i / \bar{x}) \log (x_i / \bar{x}) / n \} \dots\dots\dots (13)$$

式 (12), (13) はそれぞれ式 (11) において $c \rightarrow 0, c \rightarrow 1$ とした場合の極限を示している。関数 f を特定化することにより、具体的な評価関数を得ることができる。たとえば、 $c < 0, 0 < c < 1$ の場合、 $f(x) = 1 - \{c(c-1)x + 1\}^{1/c}$, $c = 0$ のとき、 $f(x) = 1 - \exp(-x)$ を仮定すれば、式 (11), (12) より Atkinson 指標¹⁶⁾を得る。ここで、c の値は効率性と公平性のトレードオフを意味している。c の値を大きくするほど恵まれない人に対する比重を次第に高めることになる。なお、エントロピー指標もサブグループ分離性の条件を満足することを付記しておく。表-1 より、公平性と効率性のトレードオフの関係を考慮に入れることができる指標はきわめて少数に限定されることが理解できよう。中でも、Atkinson

指標は、代替案の相対評価にとっていくつかの望ましい性質を有していることが理解できる。

6. 土木計画問題への適用

(1) 従来の研究の概要

土木計画学の分野において、公共システムの整備水準や代替案評価に関する研究事例は数多い。それらの研究は、たとえば総費用、総便益といった公共システム整備における効率性に着目したものが主流であったことは否めない。衡平性に着目した研究として、吉川ら²⁾が挙げられよう。また、変動係数、分散指標を用いて整備水準の不等性について分析した研究もいくつか存在する。しかし、効率性と衡平性を同時に考慮したような評価指標に関する研究は見当たらない。社会資本の整備の目標が量的内容より質的内容の充実に移行しようとする今日、計画問題の分析評価の枠組みをより拡大し、各種公共システムの整備における効率性、衡平性の問題をより深く分析していくことが必要となろう。表—1には、現在利用可能な代表的な評価指標のクラスを分類するとともに、これらの指標がこれまでに述べてきた各種の条件を満足するかどうかを示している。このうち、土木計画学の領域で用いられてきた評価指標は、きわめて限られたものであったことが理解できる。

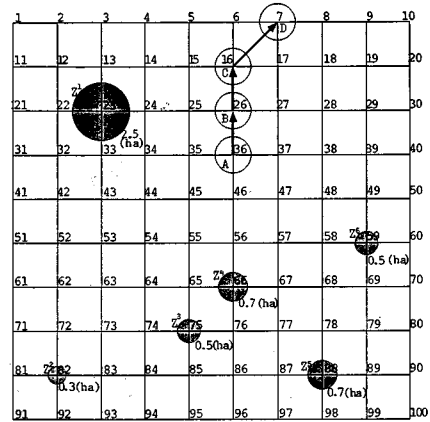
効率性と衡平性のトレードオフは、あらゆる種類の公共システムの整備問題に多かれ少なかれ付随してくる基本的な問題である。一方、代替案評価の問題は、その問題が置かれている現実的なコンテキストと切り離して議論できないことも明らかである。本稿で整理した事項は、あくまでも評価指標が満足すべき一般的な考え方を整理したものである。特に、強い衡平性基準として何を選択すべきかは、個々の問題が置かれている社会的・時代状況に依存して決定されるべきであると考えている。今後、各種の公共システムの整備問題の特性に応じた評価方法とその規範的、計画論的な意味に関してより深い理解を得ることが重要な研究課題となろう。

(2) Atkinson 指標の適用例

定理 2 に示すように Atkinson 指標は公共システムの効率性、衡平性のトレードオフの関係を同時に分析できるという望ましい性質を兼ね備えている。また、この指標は多くの種類の公共施設の整備水準の評価問題に適用可能である。ここでは、公共施設の一例として公園をとりあげ、簡単な数値計算を通じて指標の性質について分析してみよう。6個の公園を有する仮想都市（図—2）を考えよう。各リンクの所要時間を 10 分とする。個人の公園に対する効用をランダム効用関数

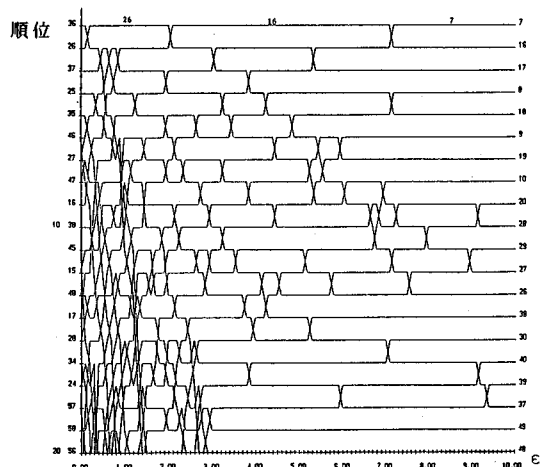
$$U_i(z^k, s) = 6.0 + 3.0 A^k - 0.1 t_i^k + s_i^k \dots \dots \dots (14)$$

で表わす。ここに、 A^k : 公園面積、 t_i^k : 最短アクセス



注) ϵ の値を大きくすることにより新規公園の最適配置が $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D$ と変化する。

図—2 数値計算事例



注) 縦軸は公園配置地点の望ましい順序を示す (上方ほど望ましい)。図中の数字は格子点番号を表わす。

図—3 ϵ と代替案の序列化

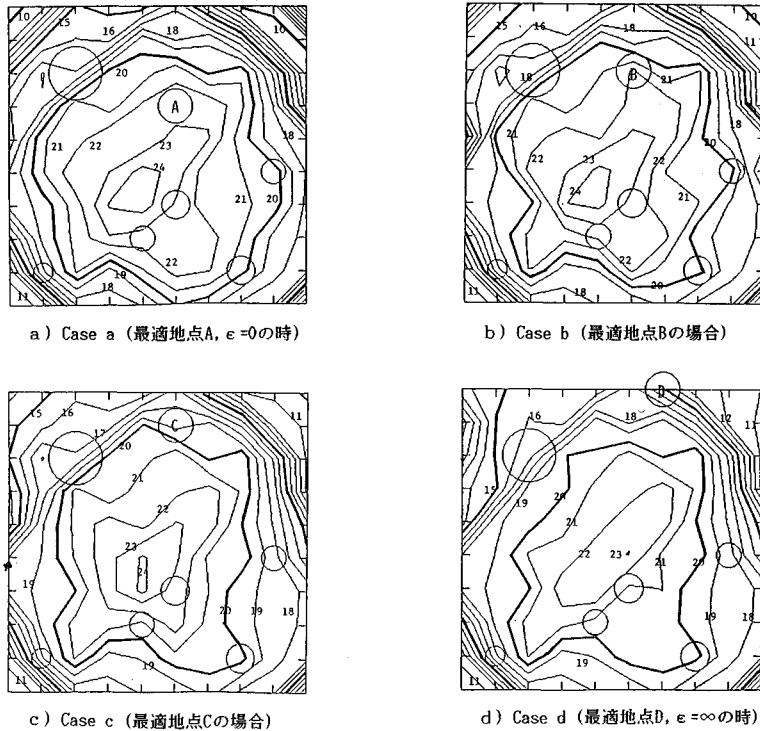
時間、 s_i^k : 確率効用である。確率効用が互いに独立なワイブル分布に従って分布すると考えよう。ある地点 t に居住する個人の公園に対する評価結果を合成効用指標

$$x(t) = \lambda^{-1} \ln \sum_{z^k \in X_i} \exp \{ \lambda (6.0 + 3.0 A^k - 0.1 t_i^k) \} \dots \dots \dots (15)$$

により定義する。λはワイブル分布のパラメーターである。著者は、合成効用指標 (15) により個人の選択の多様性を評価できることを明らかにしている⁶⁰⁾が、ここでは個人の公園に対する評価結果を Atkinson 指標

$$v = \bar{x} \left[\int_r (x(t)/\bar{x})^{1-\epsilon} x(t) dt \right]^{1/(1-\epsilon)} \dots \dots \dots (16)$$

を用いて都市住民全体に対して集計化しよう。ただし、 $\bar{x} = \int_r x(t) \alpha(t) dt$ である。x(t)は地点 t における都市住民の分布密度関数を表わす。なお、式 (16) は $\epsilon=1$ のとき定義できない。この場合は式 (16) において $\epsilon \rightarrow 1$



図—4 公園配置案と合成効用値の分布

とした極限值を採用する。住民は都市 T 上に一様に分布していると仮定しよう。公共主体が仮想都市の格子点上に面積 1 ha の公園を新しく 1 つ整備すると考え、公園整備の効率性を確保しつつ不平等をできるだけ最小にするような公園の整備位置を求めよう。

ワイブル分布のパラメーター $\lambda=0.1$ を仮定しよう。パラメーター ϵ の値を逐次変化させ新しい公園の最適配置場所がどのように変化するかを分析した。その結果を図—3 に示している。 ϵ の値を 0 から大きくすることにより、公園の最適配置点は離散的に変化し、その総数は 4 個である。図—4 は各最適配置点に公園を整備した場合の各地点の合成効用値 (15) の等高線を示したものである。 $\epsilon=0$ の場合には効率性を重視した功利主義的な評価結果が対応し、 $\epsilon=\infty$ の場合には衡平性を重視した平等主義的な評価結果と対応している。最終的には、計画者が図—4 に示す 4 個の代替案の中から 1 つを選択することになる。4 個の代替案は「a→b→c→d」の順に、衡平性をより重視した代替案となっている。以上の数値計算の結果から一般的な結論を導出できないが、上述のような方法で望ましい代替案をかなりの程度絞り込めることが理解できよう。

従来、効率性と衡平性のトレードオフの問題を分析するために、たとえば個人の効用水準に重み付けを行った総効用を定義し、重みを逐次変化させる等、パラメトリッ

ク分析の方法により代替案の数を絞り込むという方法が採用されてきた。しかし、従来の方法は 1) 個人の数が非常に多い場合、重みを変化させることは事実上不可能である、2) 重みを変化させることがどのような衡平基準に基づいているかが明らかでない、3) 評価指標がサブグループ分離性を満足していないので、主体や地域の分割方法によって評価結果が異なるという欠点をもつ。また、いずれの方法を用いても望ましい代替案を 1 つに絞り込むことはできず、意思決定者の最終的な判断を待たなければならないが、Atkinson 指標を用いた場合、1) 絞り込んだ代替案の数が少なくなること、2) 絞り込んだ代替案の規範的な意味が明確である、3) サブグループ分離性を満足するという利点がある。

7. おわりに

効率性と衡平性の問題は、古来より多くの哲学者を悩ましてきた難問である。倫理学、経済学の分野における研究の進展の結果、この難問が抱えるいくつかの問題点やパラドクスの構造が次第に明らかにされてきた。本稿は公共システムの整備水準の評価問題における効率性と衡平性のトレードオフの問題に関する研究系譜と今後の研究課題について著者なりにとりまとめたものである。

社会的厚生の問題を議論しようとするれば、価値判断の問題を避けることができない。この場合、事前にある特

定の価値基準を明示しておき、そこからその基準を満足するような評価尺度を導出しようとするアプローチの方法も存在し得る。本研究はそのような立場からのアプローチを試みたものであるが、この場合、1) 価値基準に関する哲学的・倫理的洞察、2) 評価尺度に関する理論的考察が不可欠となる。本稿では、そのうち後者に焦点をおいて、これまでの研究系譜と今後の研究に関する展望を述べたものである。

本稿で明らかにしたように、土木計画学の分野で用いられてきた評価指標、他分野で開発されてきた指標のいずれもが、ある特定の価値基準の下においてのみ成立する限定的な指標であることに留意すべきであろう。換言すれば、ある特定の評価指標を用いることが、同時にある特定の価値基準を暗黙のうちに採用していることを意味する。したがって、評価指標を用いる際には、本稿で整理したように個々の評価指標が有する倫理的・経済学的な含意に関して深く理解しておくことが重要である。さらに、効率性、公平性のトレードオフの問題に関しては、たとえば Atkinson 指標、Colm 指標といった評価指標はいくつかの優れた性質を有している。これらの指標は、これまで土木計画学の分野でほとんど用いられていないが、事例研究の積み重ねによりその適用可能性を検討していくことも必要であろう。また、本稿ではほとんど言及していないものの、前述したような公平性 (fairness) によるアプローチも、土木計画の分野に残された大きな研究課題であると考えられる。いずれにせよ、公共システムの整備水準を特定の価値基準とは無関係に一般的・客観的に評価する方法は存在しない。今後の研究方向としては、地道ではあるが、代替的な価値基準に基づく評価方法や評価尺度の適用研究を通じて、これら指標が有する計画論的意味に関する知見を積み上げることにより、公共システムの評価論のフロンティアを徐々に拡大していくことが重要であろう。

参 考 文 献

- 1) 土木計画学の分野の多くの研究が該当し、その数は膨大な量になるので参考文献として列挙しない。
- 2) たとえば、吉川和広・春名 攻・多々納裕一：都市化流域における治水計画問題のモデル分析，土木計画学研究・論文集，No.2，pp.189～196，1985。
- 3) Bauchamp, T.L. : Philosophical Ethics, An Introduction to Moral Philosophy, McGraw-Hill, 1982.
- 4) Rousseau, J.J. (桑原武夫ほか訳) : 社会契約論，岩波文庫，1952。
- 5) Arrow, K.J. : Social Choice and Individual Values, Wiley, 1951.
- 6) Buchanan, J.M. and Tullock, G. : The Calculus of Consent : Logical Foundations of Constitutional Democracy, The University of Michigan Press, 1962.
- 7) Buchanan, J.M. and Tollison, R. eds. : Theory of Public Choice, An Arbor, University of Michigan Press, 1972.
- 8) Sen, A.K. : Collective Choice and Social Welfare, San Francisco, Holden-Day, 1970.
- 9) Pattanaik, P.K. : Strategy and Group Choice, North-Holland, 1978.
- 10) Peleg, B. : Game Theoretic Analysis of Voting in Committee, Cambridge University Press, 1984.
- 11) 鈴木興太郎：経済計画理論，筑摩書房，1982。
- 12) Sen, A. : On Economic Inequality, Oxford University Press, 1973.
- 13) Sen, A. : Choice, Welfare and Measurement, Basil Blackwell, 1982 (大庭 健ほか訳：合理的な愚か物，経済学=倫理学探究，勁草書房，1989)。
- 14) Robbins, L. : Interpersonal comparison of utility, Economic Journal, Vol.48, 1938.
- 15) Kolm, S.C. : Unequal inequalities, Jour. of Economic Theory, 12(3), pp.416～442; 13(1) 82～111, 1968.
- 16) Atkinson, A.B. : On the measurement of inequality, Journal of Economic Theory, 2, pp.244～263, 1970.
- 17) Bentham, J. : An Introduction to the Principles of Morals and Legislation, Payne; Clarendon Press, 1789 (山下重一郎訳：道徳および立法の諸原理，世界の名著，第38巻，中央公論社，1967)。
- 18) Sen, A.K. : Utilitarianism and welfarism, Jour. of Philosophy, Vol.76, pp.463～489, 1979.
- 19) Foley, D.K. : Resource allocation and the public sector, Yale Economic Essays, Vol.7, pp.45～98, 1967.
- 20) Varian, H.R. : Equity, envy and efficiency, Jour. of Economic Theory, Vol.9, pp.63～91, 1974.
- 21) Phelps, E.S. : Recent Developments in Welfare Economics, Justice et Equite, in Intriligator, M., ed. Frontiers in Quantitative Economics, Vol.B, Amsterdam, North-Holland, pp.703～730, 1976.
- 22) Baumol, W.J. : Superfairness, Chapters 8-12, The MIT Press, 1986.
- 23) Pazner, E.A. and Schmeidler, D. : Egalitarian equivalent allocation, A new concept of economic equity, Review of Economic Studies, Vol.92, pp.671～687, 1978.
- 24) Pazner, E.A. and Schmeidler, D. : A difficulty in the concept of fairness, Review of Economic Studies, Vol.41, pp.441～443, 1974.
- 25) Hurwicz, L. et al. (eds.) : Social Goals and Social Organization, Cambridge University Press, 1985.
- 26) Rawls, J. : A Theory of Justice, Harvard Uni. Press, 1971 (矢島鈞次訳：正義論，紀伊国屋書店，1979)。
- 27) 塩野谷祐一：価値理念の構造，東洋経済新報社，1984。
- 28) Malinvaud, E. : Leçons de Theorie Microeconomique, Bordas (林 敏彦訳：ミクロ経済理論講義，創文社，1981)。
- 29) Debreu, G. : Theory of Value, John Wiley & Sons, 1959 (丸山 徹訳：価値の理論，東洋経済新報社，1977)。
- 30) Roberts, K. : Interpersonal comparability and social

- choice theory, *Review of Economic Studies*, 47, pp.421~439, 1980.
- 31) Boadway, R.W. and Bruce, N. : *Welfare Economics*, Basil Blackwell, 1984.
- 32) Pareto, V. : *Mannel d'economie politique*, Paris ; Girard & Briece, 1909, *Manual of Political Economy*, English translation by Ann S. Schweir, London, Macmillan, 1971.
- 33) Arrow, K.J. and Hahn, F.H. : *General Competitive Analysis*, Holden-Day, 1971.
- 34) 二階堂副包 : *現代経済学の数学的方法*, 岩波書店, 1970.
- 35) Mas-Colell, A. : *The Theory of General Economic Equilibrium ; A Differentiable Approach*, Cambridge University Press, 1985.
- 36) Gibbard, A. : A Pareto-consistent libertarian claim, *Journal of Economic Theory*, Vol.7, pp.388~410, 1974.
- 37) Sen, A.K. : Liberty, unanimity and rights, *Economica*, Vol.43, pp.217~245, 1976.
- 38) Sen, A.K. : The impossibility of a paretian liberal, *Jour. of Political Economy*, Vol.78, pp.152~157, 1969.
- 39) Mill, J.S. : *On Liberty*, London : Parker, 1859 (早坂忠訳 : *自由論*, ベンサム, J.S. ミル, *世界の名著* 38, 中央公論社, 1967).
- 40) Birlin, I. : *Four Essays on Liberty*, Oxford University Press, 1969.
- 41) Hayek, F.A. : *The Constitution of Liberty*, The University of Chicago Press, 1960.
- 42) Pigou, A.C. : *Wealth and Welfare*, Macmillan and Co. Ltd. 1912.
- 43) Dalton, H. : The Measurement of the inequality of income, *Economic Journal*, 30, pp.349~361, 1920.
- 44) 青木昌彦 : *分配理論*, 筑摩書房, 1979.
- 45) Lorenz, M.O. : Methods for measuring the concentration of wealth, *Journal of the American Statistical Association*, 9, 1905.
- 46) Rothschild, M. and Stiglitz, J. : Increasing risk : 1. A definition, *Jour. of Economic Theory*, 2, pp.225~243, 1970.
- 47) Dasgupta, P., Sen, A.K. and Starrett, D. : Notes on the measurement of inequality, *Jour. of Economic Theory*, 6, pp.180~187, 1973.
- 48) Samuelson, P. : *Foundations of Economic Analysis*, Cambridge, Harvard University Press, 1947.
- 49) Atkinson, A.B. : *Social Justice and Public Policy*, Wheatsheaf Book Ltd., 1983.
- 50) Pratt, J.W. : Risk aversion in the small and in the large, *Econometrica*, 32, pp.122~136, 1964.
- 51) Kolm, S.C. : The optimal production to social justice, in *Public Economics*, H. Guitton and J. Margolis, eds., London, Macmillan, 1968.
- 52) Gaertner, W. and Pattanaik, eds. : *Distributive Justice and Inequality*, Springer Verlag, 1988.
- 53) Sen, A. : An ordinal approach to measurement, *Econometrica*, 44, pp.219~231, 1976.
- 54) Boss, D., *et al.* : *Welfare and Efficiency in Public Economics*, Springer-Verlag, 1989.
- 55) d'Aspremont, C. : Axiom for Social Welfare Orderings, included in (25).
- 56) Moulin, H. : *Axiom of Cooperative Decision Making*, Cambridge University Press, 1988.
- 57) d'Aspremont, C. and Gevers, L. : Equity and the information basis of collective choice, *Review of Economic Studies*, 44(2), pp.199~209, 1977.
- 58) Deaton, A. and Muellbauer, J. : *Economics and Consumer Behavior*, Cambridge Univ. Press, 1980.
- 59) Shorrocks, A.F. : Inequality decomposition by population subgroups, *Econometrica*, 52, pp.1369~1386, 1984.
- 60) 小林潔司 : 「選択の多様性」の評価に関する理論的研究, *土木学会論文集*, No.413/IV-12, pp.30~39, 1990.
(1990.1.20・受付)