

# 特集論文（ヘドニック・アプローチによる社会資本整備の評価） ヘドニック・アプローチによる便益評価の 理論的基礎

金本良嗣\*

簡単な2地域モデルを用いて、ヘドニック・アプローチによる便益評価の信頼性とバイアスを検討する。主要な結論は、(1) 地域間の移動が自由で費用がかからないケースについては、ヘドニック・アプローチによる推定値は便益の上限として利用できることと、(2) 開放・小地域ケースのようないくつかの特殊ケースには正確な便益評価をもたらすことである。また、環境質改善によって引き起こされる土地価格の時系列的変化は、小地域の場合以外には便益の上限にも下限にもならない。

**Keywords :** hedonic approach, cost-benefit analysis, equivalent variation, capitalization hypothesis

## 1. はじめに

環境のような非市場財には市場価格は存在せず、価格によって直接その財の価値を計測することはできない。したがって、何らかの間接的な方法をもちいなければならぬことになり、いくつかの間接的手法が考査されている。それらのうちで最も一般的なのが、キャピタリゼーション仮説に基づいて、地価や住宅価格を用いるアプローチである。キャピタリゼーション仮説は、環境の価値が地価や住宅価格に反映されるというものであるが、これには環境投資を行う前と後とを比較してどれだけ不動産価格が上昇したかをみる時系列変化に関するものと、ある一定時点において環境の良い場所と悪い場所の不動産価格を比較して、良い場所が悪い場所よりどれだけ不動産価格が高いかをみるクロス・セクションの差に関するものとの二つがある。

「ヘドニック・アプローチ (hedonic approach)」はこれら二つのキャピタリゼーション仮説のうちで、クロス・セクションに関するものに基礎をおいている。このアプローチは、商品をそれが持つ様々な特性のベクトルによって表現し、価格がこれらの特性ベクトルに対応して決まっていると考える。例えば、住宅価格を用いる場合には、住宅の特性としては敷地面積、占有面積、建物の構造、材質、設備、都心からの距離、周辺環境などが重要なものであり、これらの変数に住宅価格を回帰させることによってヘドニック価格関数を推定する。このように推定された価格関数における環境特性の貢献度を計算することによって、環境の価値の推定が行われる。

ヘドニック・アプローチによる便益評価が、どういう場合にどの程度の信頼性をもつかを理解するためには、回帰分析の統計的性格だけではなく、その経済理論の基

礎を理解しなければならない。以下では、ヘドニック・アプローチのメリットとデメリットを理解するという目的を念頭において、その理論的基礎を解説する。その際に、簡単な2地域モデルを用いてキャピタリゼーション仮説とヘドニック・アプローチによる便益評価の関係を統一的に説明することを試みる。

この論文の構成は以下の通りである。第2章でプロジェクト評価に関する経済学的な考え方を簡単に説明し、第3章でヘドニック・アプローチの概略を説明する。その後に、第4章で簡単な地域モデルを用いたクロス・セクションのキャピタリゼーション仮説とヘドニック・アプローチの関係の解説を行う。この部分は Kanemoto<sup>1)</sup>によるところが大きいが、いくつかの結果は少なくとも正式な形で出版されたものとしては初出である。第5章では、時系列のキャピタリゼーション仮説を第4章と同じモデルを用いて導く。最後に、第6章で主要な結論の要約を行う。

## 2. プロジェクト評価の経済理論

ヘドニック・アプローチによる便益評価を解説する前に、その前提となる経済評価一般についての考え方を簡単に説明しておかなければならない。

経済評価は経済的側面についてだけの評価を行うもので、総合的な評価のためにはそれ以外の心理的あるいは社会的側面を加えて評価しなければならないと言われることがあるが、これは誤りである。経済評価は金銭的な便益や費用を評価するのはもちろんであるが、環境投資による生活の質の改善などの非金銭的な（あるいは心理的な）便益も含んでいる。

一般に、各個人や各企業が合理的行動をしているとの仮定のもとでの総合評価が経済評価である。したがって、各人が合理的な行動をしていると想定できれば、心理的な側面や社会的な側面も経済評価のなかに含まれる。環

\* Ph. D. 東京大学助教授 経済学部(〒113 文京区本郷7-3-1)

境質の評価については、環境改善プロジェクトによって誰がどれだけの便益を受け、またどれだけの損失をこうむるかを評価することになる。その際、便益や費用は通常の経済的便益や費用に限らず、環境悪化による不快感なども評価の対象になる。

### (1) 合理的個人と効用関数

さて、経済評価の大前提是各個人が合理的な行動をしているということであると述べたが、合理的であるとはどういうことなのだろうか？経済理論における合理性とは、各人の選択に内部矛盾がなく首尾一貫していることを意味している。大ざっぱに言えば、このことは以下のように定義される。（この節と次節の内容は、スタンダードなミクロ経済学の簡単な解説に他ならない。詳細については、奥野・鈴村<sup>2)</sup>などのミクロ経済学の上級教科書を参照されたい）。

消費者の好み（選好、preferences）は選択対象の間でどれがどれより好ましいかというランキングを構成することになる。消費者が合理的であるといえるためには、このランキングがすべての選択対象について付けられており、しかも推移律を満たすという意味で首尾一貫していることが必要である。これらの合理性の条件に加えて、連続性の条件が成立ていれば、選好を表現する連続な（実数値をとる）効用関数  $U$  が存在することが示されている。選好を効用関数で表現できれば、合理的個人は効用関数を最大にするような選択を行うとみなすことができ、非線形計画法などの数学的最適化の手法が適用可能になる。

効用関数は選好のランキングを表現するだけであり、その絶対値には意味がない。したがって、効用関数に単調変換をほどこしたものと同じ選好を代表することになる。つまり、単調増加関数  $f$  を用いて、 $V(x)=f(U(x))$  という関数を作ると、 $V(x)$  もまったく同じ選好を表現する効用関数になる。

### (2) 便益評価

環境改善の便益を評価するためには、通常の財・サービスの消費だけではなく、環境質にも依存する効用関数を考えなければならない。価格を払って購入する財・サービス（市場財と呼ぶ）の消費量がベクトル  $x=(x_1, x_2, \dots, x_n)$  で表され、環境質が  $z$  で表されるとすると、ある個人の効用関数を  $U(x, z)$  と書くことができる。所得が  $Y$  で市場財の価格ベクトルが  $p=(p_1, p_2, \dots, p_n)$  の時には、この消費者は所得制約  $px \leq Y$  のもとで効用  $U(x, z)$  を最大にするような市場財ベクトル  $x$  を選択する。最適解は価格ベクトル、所得、環境質の3つに依存するので、 $x(p, Y, z)$  と書くことができる。

さて、ここで費用  $C$  をかけて環境質を  $z^0$  から  $z^1$  に改善するプロジェクトを考えてみよう。このプロジェクトの費用を負担する人々の所得は一般に減少する。また、

プロジェクトによって各人の最適消費が変化し、これが価格体系の変化をもたらし、この価格体系の変化がさらに消費と生産の変化をもたらす。このような変化が落ちついた後の所得と価格ベクトルを  $Y^1, p^1$  で表し、プロジェクトが実施される前のそれらを  $Y^0, p^0$  で表す。そうすると環境改善プロジェクトによって市場財消費ベクトルは  $x^0 = x(p^0, Y^0, z^0)$  から  $x^1 = x(p^1, Y^1, z^1)$  に変化し、効用水準は  $U(x^0, z^0)$  から  $U(x^1, z^1)$  に変化する。もし効用水準が上昇しているならば、消費者はこのプロジェクトによって利益を受けることになる。

すべての人の効用水準を上昇させるようなプロジェクトが存在すれば、そのプロジェクトを実施すべきであるということには大方の人が賛成するであろう。ところが現実にはそのようなプロジェクトは少なく、便益を受ける人がいれば被害を被る人もいるのが普通である。便益を受ける人と損失を被る人の双方が存在するときにプロジェクトを実施すべきかどうかは価値判断の問題になり、経済学の論理で解決がつく問題ではない。このような個人間の利害対立の問題は実際の社会では政治的プロセスを通じて解決がはかられることになる。しかし、費用便益分析を行い、プロジェクトによって誰がどの程度の便益や損失を受けるかを計算することは、政治的意意思決定プロセスをより合理的なものにするために重要な役割を果たすはずである。

個人間の利害の調整とその大小の比較考量は避けて通れない問題であるが、議論を簡単にするために以下ではこの問題を捨象する。具体的には、すべての個人が同じ所得と効用関数をもつ場合を考える。この場合にはすべての個人が同じ効用水準を達成することになるので、環境改善プロジェクトの評価は簡単である。つまり、プロジェクトが（すべての個人に共通の）効用水準を上昇させればこのプロジェクトを採択すべきだということになる。

プロジェクト評価は効用関数さえ分かれば行うことができ、貨幣単位で便益を測る必要はない。しかしながら、抽象的な効用の単位でプロジェクトの評価を表現するよりも、評価を貨幣単位で表わした方が分かりやすい。そこで効用関数を貨幣単位で表現することができるかどうかが問題になるが、実は簡単でしかも一般性と厳密性を失わない貨幣単位の表現が可能である。

貨幣単位で表わした効用関数のことを Money Metric Utility Function（貨幣単位の効用関数）と呼んでおり、これは支出関数と呼ばれている概念を用いて以下のように定義される。支出関数は、ある価格ベクトル  $p$  と環境質の水準  $z$  のもとである効用水準  $u$  を達成するために必要な所得の最低水準を表わしており、

$$E(p, z, u) = \min_{(x)} \{px : U(x, z) \geq u\}$$

のように書ける。この支出関数において価格ベクトルと

環境質を固定し、参照ベクトル  $(p^R, z^R)$  とすれば、 $E(p^R, z^R, U(x, z))$  は元の効用関数  $U(x, z)$  の単調増加関数になる。上でみたように、ある効用関数の単調増加関数はまったく同じ選好を表すもう一つの効用関数になるので、元の効用関数の代わりに支出関数  $E(p^R, z^R, U(x, z))$  を用いることができる。つまり、価格ベクトル  $p^R$  と環境質  $z^R$  を固定すれば、 $(x, z)$  の効用は貨幣単位で  $E(p^R, z^R, U(x, z))$  と表わすことができる。

固定する価格ベクトル  $p^R$  と環境質  $z^R$  としてプロジェクト前のものを用いたのが、Equivalent Variation (EV, 等価的偏差) であり、プロジェクト後のものを用いたのが Compensating Variation (CV, 補償的偏差) である。あるプロジェクトが純便益をもたらすか否かという形でのプロジェクト評価を行う場合には、どちらを用いてもまったく同じ結果が得られる。

### 3. ヘドニック・モデル

キャピタリゼーション仮説とヘドニック・アプローチの関係を議論する前に、ヘドニック・モデルとそれに基づく環境質の便益評価についてのごく簡単な要約を行う。より詳細な解説については、金本・中村・矢沢<sup>3)</sup>を参照されたい。

不動産価格のクロス・セクション・データを用いて環境の価値を推定しようとする場合には、環境以外の要因による効果を分離して環境だけによる効果を抜き出す必要がある。そのための理論的枠組として用いられるのがヘドニック・モデルである。ヘドニック・モデルは財を特性のベクトルで表現する。例えば、一戸の住宅は都心への通勤時間、敷地面積、周辺環境などを表す特性ベクトル  $z = (z_1, \dots, z_n)$  で表現することができる。住宅の市場価格は特性ベクトルに対応して決定され、市場価格関数  $p(z)$  の形に書くことができる。

住宅の需要者と供給者はこの市場価格関数を基礎に行動する。ヘドニック理論では、需要者の効用最大化を付け値関数の形で表現する。付け値関数は特性ベクトル  $z$  を持つ住宅に関する消費者の付け値を表すものであるが、付け値はその消費者の効用水準を指定しなければ決めるとはできない。効用水準を高くすれば、住宅に支払い得る価格は下がるし、逆に低くすれば上がるからである。したがって、付け値関数  $\theta(z, y, u)$  は所得  $y$  の消費者がある効用水準  $u$  を達成しなければならないとしたときに住宅  $z$  に支払いうる最高の価格を表している。消費者の効用最大化行動から、市場価格関数  $p(z)$  は付け値関数の上側の包絡線になっている。

ヘドニック・モデルにおいては付け値関数を用いて環境改善の便益を測ることができる。例えば、環境質が  $z$  から  $z'$  へ改善されたとき、付け値関数の値が  $p$  から  $p'$  へ上昇したとすると、付け値関数の定義から大気汚染の

改善に対して  $p' - p$  だけ支払っても消費者の効用関数は変化しない。したがって、大気汚染の改善に対する消費者の支払い容認額 (willingness to pay) は  $p' - p$  であると言える。このように付け値関数から支払い容認額の意味での大気汚染の価値を測定することができる。

市場価格関数は一般に環境の価値とは一致せず、付け値関数を用いた場合より大きくなる。市場価格関数の推定は容易であるので、これを用いて環境の経済的価値を推定することが多いが、この方法では環境価値の過大評価をもたらす。市場価格関数を用いてよいのは、全ての消費者が同質であり、同じ付け値関数を持つ場合に限られる。この場合には市場価格関数と付け値関数が一致するので両者に差異がないからである。

ヘドニック・アプローチによる便益評価に関する以上の議論には2つの問題がある。第一に、ここで得られた支払い容認額が前節で解説したようなプロジェクト評価とどう関係するのかが明確でない。つまり、支払い容認額が環境改善費用を上回れば環境改善プロジェクトは必ず消費者の効用を上昇させるのかという問題についての解答を与える必要がある。

第二の問題は Scotchmer<sup>4)</sup> が指摘したもので、住宅属性のなかには環境要因のように個別の供給者や需要者が左右できないものに加えて、敷地面積や構造特性などのように個々の消費者が選択できるものが存在することである。後者を  $h$  で表し、前者を  $z$  で表すと、内生的に決定される  $h$  は外生的な環境要因  $z$  に依存して決定されるので、 $h=h^*(z)$  と表現できるような関数関係が発生する。このような場合には、 $h$  と  $z$  は独立でないので、これらの双方の関数としての市場価格関数  $P(h, z)$  を推定することは不可能になる。推定可能なのは  $p(z)=P(h^*(z), z)$  までに留まる。このような場合には、住宅価格ではなく単位面積あたりの土地価格(地代あるいは地価)を用いて推定を行うことになるが、そうすると消費者が同質な場合にもバイアスが発生してしまう。

以上の二つの問題を検討したのが Kanemoto<sup>1)</sup> である。そこでは、第一の問題は環境改善プロジェクトを明示的に考察することによって解決されている。つまり、環境改善プロジェクトが消費者の効用を増加させるかどうかという問題を考え、地代の差を用いた便益評価がこの問題に関して正しい結果を与えるかどうかを分析している。第二の問題については、地代を用いた便益評価のもたらすバイアスの方向を分析し、バイアスが環境価値の過大評価の方向に働くことを示している。次章では、この論文で得られた結果を中心に、キャピタリゼーション仮説とヘドニック・アプローチの関係を解説する。

#### 4. クロスセクションのキャピタリゼーション 仮説とヘドニック・アプローチ

環境の価値を地価（あるいは住宅などの不動産価格）によって測定する方法は、キャピタリゼーション仮説を背景としている。この仮説によれば、いくつかの条件のもとで環境改善の便益は地価の上昇に反映される。したがって、それらの条件が成立していれば地価を観察することによって便益を推定することができる。

キャピタリゼーション仮説には、環境改善以前の地価と以後の地価を比較する時系列の（より厳密には環境が悪い場合と良い場合の二つの均衡を比較する比較静学的な）ものと、ある一時点での環境の悪い地点と環境の良い地点の地価を比較するクロスセクションのものの二つがある。地価による便益の測定法も、これらの二つの仮説に対応して環境改善以前の地価と以後の地価を比べる方法と同一時点での環境条件の異なる地点を比較する方法の二つが可能である。時系列的変化を用いる方法は環境改善以外の要因の効果を分離するのが困難であるので、通常はクロスセクション・データによる後者の方法が用いられる。この方法が通常ヘドニック・アプローチと呼ばれているものに対応する。

以下では、まずクロスセクションのキャピタリゼーション仮説がどういう条件のもとで成立するかを考え、その次に時系列のキャピタリゼーション仮説を検討する。

##### (1) モデルの構造

説明を簡単にするために2地域（地域Aと地域B）だけから成り立っている社会を考え、これらの二つの地域の立地条件の差は環境の質だけであるとする。つまり、環境質以外の交通の条件や地形上の条件などはまったく同じである。地域Aの環境質 $z_A$ が地域Bの環境質 $z_B$ に比べ劣っている（つまり、 $z_A < z_B$ ）とする。地域Aと地域Bの面積をそれぞれ $H_A$ と $H_B$ で表す。

以下の二つの仮定がキャピタリゼーション仮説にとって決定的に重要である。これらの仮定をゆるめた場合についてでは後ほど議論する。

住民の同質性：すべての住民が同じ効用関数と所得をもつ。

地域の開放性（Openness）：2地域間の移住は自由で移住コストはゼロである。

これらの条件のもとで、地域Aの環境水準を地点Bと同じにする（つまり、 $z_A$ を $z_B$ に上昇させる）環境改善プロジェクトを考え、そのコストはCであるとする。

ヘドニック・アプローチによる便益の評価値 $B$ は、地域Bの地代 $r_B$ と地域Aの地代 $r_A$ との差に環境改善投資がなされる地域Aの面積をかけたもの $B=(r_B-r_A)H_A$ であり、これが環境投資のコストを上回れば環境投

資を採択するということになる。つまり、 $B=(r_B-r_A)H_A > C$ ならば、採択するということになる。ここでの問題は、このような評価基準が便益を過大評価し過剰投資の傾向をもたらすか、あるいは逆に過小投資の傾向をもたらすかということである。

全体で $N$ 人の住人がいてその数は固定されているが、これらの人々が地域Aと地域Bにどのように分配されるかは、各住民の自由な移動によって決まってくる。住民はすべて同じ労働所得 $w$ を稼ぎ、この労働所得は所与であるとする。住民がすべて同質であるようにするために、各住民は地域Aと地域Bの双方の土地を均等に所有しているとする。住民の所得は労働所得に地代収入 $s=[r_A H_A + r_B H_B]/N$ を加えたもの $I=w+s$ になる。

住民の効用関数は $U(x, h, z)$ で表される。ここで $h$ は住宅の敷地面積（ロット・サイズ）であり、 $z$ は環境質、 $x$ はその他の消費財である。ここでは、 $z$ に加えて $x$ と $z$ もスカラーであるとする。環境質 $z$ については、これが任意の次元のベクトルである場合もまったく同じ議論ができる。消費財が多数の財から構成されている場合には、それらの間の相対価格の変化を考慮する必要がでてくるが、後ほど議論するように、結果は基本的に同じである。消費財価格を $p$ 、地代を $r$ とすると、合理的な消費者は所得制約 $px+rh \leq I$ のもとで効用 $U(x, h, z)$ を最大にする問題を解くことになる。

以下の議論では、この効用最大化問題を直接扱うよりは、前章で導入した支出関数 $E(p, r, z, u)=\min_{(x, h)}\{px+rh : U(x, h, z) \geq u\}$ を用いた方が説明が簡単になる。支出関数はある与えられた効用水準 $u$ を達成するためには必要な最小限の所得を求めているので、 $I=E(p, r, z, u)$ の時には上の効用最大化問題と同じ解をもつ。したがって、効用最大化問題の解を支出関数を用いて表現することが可能である。

簡単にわかるように、支出関数が価格に関して微分可能であるときには、価格について支出関数を偏微分したものが各財の需要量（最適解）を与える（シェバードの補題）。つまり、支出最小化問題の解は $x=E_p(p, r, z, u)$ 、 $h=E_r(p, r, z, u)$ で与えられる。

以下では、消費財をニュメレールとし、その価格を1に基準化する（ $p=1$ ）。支出関数を用いると、地域Aと地域Bの効用水準 $(u_A, u_B)$ は $I=E(1, r_A, z_A, u_A)=E(1, r_B, z_B, u_B)$ を満たす。ここで、消費者の同質性と地域の開放性の仮定から、均衡ではすべての人が同じ効用水準を達成していかなければならないので、均衡効用水準 $u=u_A=u_B$ について

$$E(1, r_A, z_A, u) = E(1, r_B, z_B, u) = w + s \quad \dots \dots \dots \quad (1)$$

が得られる。

また、シェバードの補題から、土地の需給バランスを



ある（効用が同じであれば地代が変化しても土地の需要量が変化しない）かのいずれかの場合には、ヘドニック・アプローチによる便益評価は  $EV$  によるものと一致する。

#### 証明。

(i)  $z_B$  を固定し  $z_A$  を  $z_B$  に近づけていくことを考える。一般にプロジェクトの費用も  $z_A$  に依存するので、プロジェクト後の均衡も  $z_A$  に依存する。したがって、 $B-C$  と  $V$  は以下のよう  $z_A$  の関数になる。

$$\begin{aligned} B(z_A) - C(z_A) &= N \{ [E_p(1, r^*(z_A), z_B, u^*(z_A)) \\ &\quad + r_B(z_A) E_x(1, r^*(z_A), z_B, u^*(z_A))] \\ &\quad - E(1, r_B(z_A), z_B, u(z_A))] \} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} V(z_A) &= N [E(1, r_B(z_A), z_B, u^*(z_A)) \\ &\quad - E(1, r_B(z_A), z_B, u(z_A))] \end{aligned}$$

の形に表すことができる。ロピタルの法則から

$$\lim_{z_A \uparrow z_B} \frac{B(z_A) - C(z_A)}{z_B - z_A} = - \lim_{z_A \uparrow z_B} (B'(z_A) - C'(z_A))$$

$$\lim_{z_A \uparrow z_B} \frac{V(z_A)}{z_B - z_A} = - \lim_{z_A \uparrow z_B} V'(z_A)$$

成立する。ここで、

$$\begin{aligned} &[B'(z_A) - C'(z_A)] / N \\ &= [E_{pu}(1, r^*, z_B, u^*) + r_B E_{nu}(1, r^*, z_B, u^*)] u^{**}(z_A) \\ &\quad - E_u(1, r_B, z_B, u) u'(z_A) \\ &\quad + [E_r(1, r^*, z_B, u^*) - E_r(1, r_B, z_B, u)] r_B'(z_A) \\ &\quad + [E_{pr}(1, r^*, z_B, u^*) + r_B E_{rr}(1, r^*, z_B, u^*)] r^{**}(z_A) \end{aligned}$$

$$V'(z_A) / N$$

$$\begin{aligned} &= E_u(1, r_B, z_B, u^*) u^{**}(z_A) - E_u(1, r_B, z_B, u) u'(z_A) \\ &\quad + [E_r(1, r_B, z_B, u^*) - E_r(1, r_B, z_B, u)] r_B'(z_A) \end{aligned}$$

の評価をしなければならないが、 $r^*(z_B) = r_B(z_B)$  から  $z_A$  を  $z_B$  に近づけたときの極限では

$$\begin{aligned} &\lim [E_{pu}(1, r^*, z_B, u^*) + r_B E_{nu}(1, r^*, z_B, u^*)] \\ &= \lim E_u(1, r_B, z_B, u^*) \end{aligned}$$

$$\lim E_x(1, r^*, z_B, u^*) = \lim E_r(1, r_B, z_B, u^*)$$

が得られる。また、シェバードの補題から  $x = E_p(1, r, z, u)$ ,  $h = E_r(1, r, z, u)$  が支出関数を導く支出最小化問題の解になるので、

$$E(1, r, z, u) \equiv E_p(1, r, z, u) + r E_r(1, r, z, u)$$

が恒等的に成立する。したがって、この両辺を  $r$  に関して偏微分したものも等しくなり、

$$E_{pr}(1, r, z, u) + r E_{rr}(1, r, z, u) = 0$$

が導かれる。これらの関係から以下の等式が得られる。

$$\begin{aligned} &-\lim (B'(z_A) - C'(z_A)) = -\lim V'(z_A) \\ &= N [E_u(1, r_B, z_B, u) u'(z_A) - E_u(1, r_B, z_B, u^*) u^{**}(z_A)] \end{aligned}$$

(ii)  $H$  を固定し  $H_A$  をゼロに近づけ、その代わりに  $H_B$  を  $H$  に近づける。この場合の  $B(H_A) - C(H_A)$  と  $V(H_A)$  は上の  $B(z_A) - C(z_A)$  と  $V(z_A)$  の  $z_A$  を  $H_A$  に置き換えた形になる。したがって、上とまったく同様にして、

$$\lim_{H_A \uparrow 0} \frac{B(H_A) - C(H_A)}{H_A} = \lim_{H_A \uparrow 0} \frac{V(H_A)}{H_A}$$

$$= N [E_u(1, r_B, z_B, u) u'(H_A) - E_u(1, r_B, z_B, u^*) u^{**}(H_A)]$$

が得られる。

(iii) 定理 1において、

$$B - C - V = [x^* + r_B h^*] - E(1, r_B, z_B, u^*)$$

が成立している。ここで、シェバードの補題から

$$x^* = E_p(1, r^*, z_B, u^*),$$

$$h^* = E_r(1, r^*, z_B, u^*),$$

$$E(1, r_B, z_B, u^*) = E_p(1, r_B, z_B, u^*) + r_B E_r(1, r_B, z_B, u^*)$$

が成り立つ。土地と消費財の間の代替性がないときには

$$E_p(1, r^*, z_B, u^*) = E_r(1, r_B, z_B, u^*),$$

$$E_r(1, r^*, z_B, u^*) = E_r(1, r_B, z_B, u^*),$$

となるので、 $B - C - V = 0$  が得られる。 ■

定理 2 の (i) から、環境改善プロジェクトが「小さい」場合にはそのプロジェクトが実施される（あるいは、便益を及ぼす）地域が小さくなくてもヘドニックの便益推定値は  $EV$  と一致することがわかる。例えば、騒音や大気汚染などがごくわずか改善されるようなプロジェクトについては、過大評価の程度はきわめて小さいことになる。

また、(ii) ではプロジェクトが便益を及ぼす地域がその他の地域全体に比べて小さい場合には、「大きい」プロジェクトについてもヘドニック手法が正しい便益推定値を与えることを示している。例えば、東京圏などの大都市圏における一鉄道路線の複々線化投資やある一市町村における下水道整備などについてはこのケースが少なくとも近似的に当てはまると思われる。

定理 2 の (iii) によれば、消費者の効用関数がレオントイエフ型（あるいは、固定係数型）であり、土地と消費財との間の代替性がない場合には、プロジェクトが大きく、しかもプロジェクトが便益を及ぼす地域が大きくてもヘドニック手法は過大評価をもたらさない。しかし、実際には地代が上がれば土地の消費が減少するのが普通である。

消費財の種類が一つだけではなく多数存在する場合にも、定理 2 の (i) と (ii) はそのまま成立する。ところが、(iii) については、消費財相互についての代替性も存在しないという付加的な仮定が必要になる。また、消費財の生産を導入すると、消費者サイドのみならず生産においても代替性が存在しないことが必要になる。

敷地面積を変化させるためには、その上に建てられている建築物を増改築しなければならないので、短期的には土地の消費量は固定的であると考えてもよい。次に、このような短期のケースに、代替性がない場合と同じ結

論が得られるかどうかを検討してみよう。

#### (4) 短期的便益

地域  $A, B$  のロット・サイズを  $(h_A, h_B)$  で表すと、これらがプロジェクト前も変化しないのが短期のケースになる。この場合には、土地に関する最適化ができないので支出関数は意味をもたない。そこで、ロット・サイズを固定した「条件付き支出関数」を以下のように定義する。

$$E^c(p, r, h, z, u) = \min_{(x)} \{px + rh : U(x, h, z) \geq u\} \quad \dots \dots \dots (8)$$

この関数を用いると、プロジェクト前の均衡は

$$\begin{aligned} E^c(1, r_A, h_A, z_A, u) &= E^c(1, r_B, h_B, z_B, u) \\ &= w + [r_A H_A + r_B H_B] / N \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (9)$$

で与えられる。また、プロジェクト後の均衡は

$$\begin{aligned} E^c(1, r_A^*, h_A, z_B, u^*) &= E^c(1, r_B^*, h_B, z_B, u^*) \\ &= w + [r_A^* H_A + r_B^* H_B - C] / N \end{aligned} \quad \dots \dots \dots (10)$$

をみたす。ここで、土地の消費量が地域によって異なる場合には、プロジェクト後の地代も両地域で等しくならないことに注意されたい。

$(h_A, h_B)$  に対して何の制約も付けなければ、ヘドニック推定値  $B-C$  が  $EV$  より小さくなることがありうることは容易に推測できるであろう。地域  $B$  の環境が優れていっても、もし地域  $B$  の  $h_B$  が異常に大きく消費者の好みからかけ離れている場合には、地域  $B$  の地代が地域  $A$  の地代より低いこともありうるからである。この場合にはヘドニック手法は便益を過小に推定することになる。以下の定理 3 では、もしプロジェクト前のロット・サイズが少なくとも地域  $B$  では最適に選択されていれば、ヘドニック便益が  $EV$  を下回ることはないことを示す。

定理 3：プロジェクト前には地域  $B$  のロット・サイズ  $h_B$  が最適になっているが、プロジェクト後にロット・サイズを変えることは不可能である場合には、 $B-C \geq V$  が成立する。

証明。

プロジェクト前の  $h_B$  の選択が最適な場合には、式 (9) は

$$\begin{aligned} (9') E^c(1, r_A, h_A, z_A, u) &= w + [r_A H_A + r_B H_B] / N \\ &= E(1, r_B, z_B, u) \end{aligned}$$

で与えられる。したがって、

$$B-C = wN + r_B H - NE(1, r_B, z_B, u) - C$$

が得られ、

$$\begin{aligned} B-C-V &= wN - C + r_B H - NE(1, r_B, z_B, u^*) \\ &= N_A[x_A^* + r_B h_A - E(1, r_B, z_B, u^*)] \\ &\quad + N_B[x_B^* + r_B h_B - E(1, r_B, z_B, u^*)] \end{aligned}$$

が成り立つ。ところが、 $U(x_A^*, h_A) = U(x_B^*, h_B) = u^*$  であるので、支出関数の定義から

$$B-C-V \geq 0$$

が得られる。 ■

プロジェクト前のロット・サイズが最適化されていなくても、もし両地域の一人あたり土地消費量がたまたま等しくなっていれば、 $B-C$  が  $EV$  に等しくなるという明快な結論が得られる。ただし、この場合には上で定義された  $EV$  ではなく、条件付き支出関数を用いた以下の  $EV$  を用いる必要がある。

$$V^c = N[E^c(1, r_B, h_B, z_B, u^*) - E^c(1, r_B, h_B, z_B, u)]$$

条件付き支出関数も効用水準の単調増加関数であるので、貨幣単位の効用関数として用いることができる。

定理 4： $h_A = h_B$  ならば、 $B-C = V^c$  である。証明。

定理 3 の証明と同様にして、式 (9) と  $V^c$  の定義から、

$$\begin{aligned} B-C-V^c &= N_A[x_A^* + r_B h_A - E^c(1, r_B, h_B, z_B, u^*)] \\ &\quad + N_B[x_B^* + r_B h_B - E^c(1, r_B, h_B, z_B, u^*)] \end{aligned}$$

が得られる。ここで  $h_A = h_B$  であるので  $x_A^* = x_B^*$  となり、右辺はゼロになる。したがって、 $B-C = V^c$  が成り立つ。 ■

ヘドニック推定において、ロット・サイズ  $h$  が外生的に与えられており、これを含んだ推定式  $P(h, z)$  がきちんと推定できれば、定理 4 で得られた状況になる。したがって、消費者が同質であれば、敷地面積を固定したときに環境質変化が土地価格をどう変化させるかを見ることによって便益の正しい推定が行われることになる。ところが、3章の終わりで述べたように、敷地面積が消費者によって最適に選択されている場合には敷地面積が環境質に依存するので、 $P(h, z)$  の推定は不可能である。

実際には、敷地面積の変更には大きな費用がかかるので、長期均衡を想定するよりも敷地面積が過去の歴史から与えられたものとする短期均衡を想定した方が現実的であろう。その場合には、推定する地域のサンプルを見て、環境質の異なる地域でも同様な敷地面積をもつサンプルが存在するかどうかをチェックする必要がある。例えば、環境の良好な地域には敷地面積の大きな一戸建ばかりであり、環境の悪い地域には敷地面積の小さい木賃アパートばかりであるといった場合には、環境の価値の推定値にバイアスが発生する可能性が大きい。

また、定理 4 においても、消費財が一つだけでなく多種類の消費財から構成されている場合には、消費財の相対価格の変化を考慮しなければならない。後述するように、この場合にはヘドニック推定値が過大評価をもたらすことになる。

## (5) 異質な消費者

次に、消費者の同質性が成り立たない時を考えてみよう。簡単化のために、2種類の消費者が存在するケースを考える。タイプ*i*(*i*=1, 2)の消費者の所得は  $I^i = w^i + s^i$  であり、効用関数は  $u^i(x, h, z)$  である。また、支出関数は  $E^i(p, r, z, u^i)$  となる。

プロジェクト前の均衡においてこれらの2タイプの消費者の両方が地域A, Bの両方に住んでいる場合には、各タイプについてこれまでの分析が適用でき、まったく同じ結果が得られる。また、投資が行われる地域である地域Aに片方だけが居住し、地域Bに両タイプが居住している場合も、まったく同じになる。したがって、異なった結果が得られるのは、地域Aに両タイプが居住し、地域Bには片方しか居住しない場合である。以下では、地域Bにはタイプ2しか居住しておらず、地域Aには両タイプが居住しているケースを考える。

事前の均衡ではタイプ2は両地域に居住しているので  $E^2(1, r_A, z_A, u^2) = E^2(1, r_B, z_B, u^2) = w^2 + s^2 \dots \dots \dots (11)$  が得られる。タイプ1は地域Aにしか居住していないので、地域Bでの効用水準は地域Aでの効用水準より低いはずである。したがって、地域Aと同じ効用水準を地域Bで達成しようとするとより多くの所得が必要になる。つまり、

$$E^1(1, r_A, z_A, u^1) = w^1 + s^1 \leq E^1(1, r_B, z_B, u^1) \dots \dots \dots (12)$$

が成立しなければならない。

土地の需給バランスは

$$H_A = N^1 E_r^1(1, r_A, z_A, u^1) + N_A^2 E_r^2(1, r_A, z_A, u^2) \dots \dots \dots (13)$$

$$H_B = N_B^2 E_r^2(1, r_B, z_B, u^2) \dots \dots \dots (14)$$

と書くことができる。ここで  $N^1$  はタイプ1の人口であり、 $N_A^2$  と  $N_B^2$  は地域Aと地域Bに住んでいるタイプ2の人口である。タイプ2の人口を  $N^2$  と書くと、

$$N_A^2 + N_B^2 = N^2 \dots \dots \dots (15)$$

が成立する。

各タイプの地代収入は

$$N^1 s^1 + N^2 s^2 = r_A H_A + r_B H_B \dots \dots \dots (16)$$

を満たしていかなければならない。

次に、プロジェクト後の均衡は、

$$E^1(1, r^*, z_B, u^{1*}) = w^1 + s^{1*} \dots \dots \dots (17)$$

$$E^2(1, r^*, z_B, u^{2*}) = w^2 + s^{2*} \dots \dots \dots (18)$$

$$H_A + H_B = N^1 E_r^1(1, r^*, z_B, u^{1*}) + N^2 E_r^2(1, r^*, z_B, u^{2*}) \dots \dots \dots (19)$$

$$N^1 s^{1*} + N^2 s^{2*} = r^*(H_A + H_B) - C \dots \dots \dots (20)$$

と書ける。

以下の定理では、消費者が同質的な場合に比較して、消費者のタイプが2つの場合には、便益の過大推定の傾向がより激しくなることを示している。

定理5：環境改善プロジェクト前の状態で地域Aにタイプ1とタイプ2の消費者の両方が居住しており、地域Bにはタイプ2だけが居住している場合には、

$$B - C - V = D \geq 0,$$

$$D = N^1 [E^1(1, r_B, z_B, u^1) - E^1(1, r_A, z_A, u^1)] \geq 0$$

が成立する。

証明。

式(11), (12), (16)から

$$N^1 E^1(1, r_A, z_A, u^1) + N^2 E^2(1, r_B, z_B, u^2)$$

$$= w^1 N^1 + w^2 N^2 + r_A H_A + r_B H_B$$

が成立する。この関係を用いると、

$$B - C = (r_B - r_A) H_A - C$$

$$= w^1 N^1 + w^2 N^2 + r_B (H_A + H_B) - C$$

$$- N^1 E^1(1, r_A, z_A, u^1) - N^2 E^2(1, r_B, z_B, u^2)$$

が得られる。ここで、プロジェクト後の均衡条件(17)～(20)から、

$$N^1 h^{1*} + N^2 h^{2*} = H_A + H_B,$$

$$N^1 x^{1*} + N^2 x^{2*} = N^1 w^1 + N^2 w^2 - C$$

が成立するので、

$$B - C = N^1 [(x^{1*} + r_B h^{1*}) - E^1(1, r_A, z_A, u^1)]$$

$$+ N^2 [(x^{2*} + r_B h^{2*}) - E^2(1, r_B, z_B, u^2)]$$

となる。

地域Bの価格体系で評価したEVは

$$V = N^1 [E(1, r_B, z_B, u^{1*}) - E^1(1, r_B, z_B, u^1)]$$

$$+ N^2 [E^2(1, r_B, z_B, u^{2*}) - E^2(1, r_B, z_B, u^2)]$$

であるので、

$$B - C - V$$

$$= N^1 [(x^{1*} + r_B h^{1*}) - E^1(1, r_B, z_B, u^{1*})]$$

$$+ N^2 [(x^{2*} + r_B h^{2*}) - E^2(1, r_B, z_B, u^{2*})]$$

$$+ N^1 [E^1(1, r_B, z_B, u^1) - E^1(1, r_A, z_A, u^1)]$$

$$\geq N^1 [E^1(1, r_B, z_B, u^1) - E^1(1, r_A, z_A, u^1)] \geq 0$$

が得られる。 ■

消費者が同質でない場合には、地代の差が環境の価値を過大評価する傾向が激しくなる。これは、タイプ2の消費者が両地域間で無差別になるように地代が決定されており、タイプ1にとっては無差別でないからである。タイプ1はタイプ2ほど環境質の価値を評価してはおらず、タイプ2にとって無差別になるような地代では、地域Aの方を地域Bよりも好むことになる。したがって、タイプ2にとっての環境質の価値を表す地代差は、タイプ1の存在を考慮すると環境価値の過大評価になっている。

消費者が同質でなければ、定理2の3つの極限ケースにおいても過大評価はなくなる。しかし、ここでの異質性は環境評価に関する異質性であり、それ以外の部

分の異質性は、環境評価に間接的に影響しなければ問題にならない。例えば、消費者の所得水準が各消費者すべて異なっていても、消費者の効用関数が同じでしかも擬線形 (quasi-linear) であれば、同質ケースと同じ結果が得られる。(ここで、擬線形とは効用関数が  $u(x, h, z) = x + v(h, z)$  の形をしていることである。)

#### (6) その他の拡張

これまでに考察した短期ケースと異質な消費者への拡張に加えて、様々な拡張が可能である。以下では、それらのうちの重要なものをいくつか紹介する。

第一に、消費財が1種類だけではなく多数存在する場合への拡張は容易である。消費財が多数存在する場合には、環境改善プロジェクトによって引き起こされる消費財間の相対価格の変化が問題になる。一般的に、この種の波及効果はヘドニック推定値の過大評価をより大きくする傾向を持つ。したがって、定理1と定理3の過大評価の結果はそのまま成立する。ただし、小さいプロジェクトについては波及効果がお互いに相殺し合うので、過大評価はもたらされない。そのために、定理2の小さいプロジェクトのケースの結果には変化がない。また、小地域のケースでは小さい地域で起きた環境改善は経済全体にはほとんど効果を与えないで、消費財価格の変化は無視できるほど小さい。したがって、小地域についても同じ結果が得られる。しかし、非代替ケースについては、消費財相互間を含むすべての財の間の非代替性を仮定しなければならない。また、定理4については、ヘドニック推定値がEVに等しくなるという結果は成立しなくなり、前者が後者より大きいか等しいという結果が得られる。

第二に、これまでの議論は価格体系に歪みが存在しないファースト・ベストの経済を仮定していた。ところが、実際には税制、独占、情報の非対称性などの存在によって、価格体系に歪みが存在している。そのような場合の便益評価は、価格体系の歪みによる厚生の損失を考慮しなければならず、複雑な分析が必要である。

第三に、地域間の移動に金銭的及び心理的コストがかかるることを考えると、地域間のモビリティーは不完全に留まる。そのような場合には、環境質が高い地域でも即座には土地価格が上昇しないので、ヘドニック・アプローチは便益の過小評価をもたらすことになる。ただし、この傾向は地代ではなく地価を用いるとかなりの程度軽減される。その理由には以下の二つが考えられる。一つは、地価は現在の地代だけではなく将来の地代も反映していることである。短期的には移動コストが高くても長期的には移動コストはあまり大きな比重を占めないので、長期的な価値を反映している地価を用いると過小評価の傾向は小さくなるはずである。第二の理由は、地価データは新規に土地を購入したケースから得られ、売買

せず持ち続けている人の評価は反映されない点である。新規に土地を購入する人はどの地点の土地を選択しても移動コストを払わなければならないので、移動するかしないかの差にはならない。

地価を用いた場合の問題点として、地価は将来地代の予想を反映しているために、地価が反映する環境質は現時点のものだけではなく将来時点の環境質に対する予想も含まれる点があげられる。したがって、もし現時点の環境質が悪くても、将来時点で改善されると予想しているならば、地価の差は大きくなうことになる。わが国では、地域間格差をなるべく作らないような行政がなされているので、現時点の環境質格差が将来は解消されるであろうという予想が支配的であると考えられる。そのような場合には、地価の差は環境質の価値を過小評価することになる。

#### 5. 時系列(比較静学)のキャピタリゼーション仮説

次に、環境改善プロジェクトの前後における地代の差に関するキャピタリゼーション仮説を考える。このタイプのキャピタリゼーション仮説は金本<sup>6)</sup>等で解説されている。地域Aにおける地代総額の変化は  $R_A = (r^* - r_A) H_A$  であり、地域A, Bを合わせた地代総額の変化は  $R = (r^* - r_A)(H_A + H_B)$  である。これらのいずれに関しても、クロス・セクションのキャピタリゼーション仮説に対応する一般的な結果は存在しない。したがって、一般的には環境改善による地代の変化はその便益より大きいことも小さいこともある。ただ唯一得られるのは、定理2の小地域に関する結果が  $R_A$  に関して成立することである。

定理6:  $H_A/H_B$  が微小であるケースには、 $R_A - C = V$  が成立する。

証明。

$H$  を固定し  $H_A$  をゼロに近づけ、その代わりに  $H_B$  を  $H$  に近づける。この場合の地代変化  $R_A$  とヘドニック便益  $B$  の関係を考えると、

$$\lim_{H_A \rightarrow 0} \frac{R_A(H_A) - B(H_A)}{H_A} = \lim_{H_A \rightarrow 0} [r^* - r_B(H_A)] = 0$$

が得られる。したがって、地域Aが地域Bに比較して微小なケースには  $R_A$  と  $B$  が一致し、定理2より  $R_A - C = B - C = V$  が得られる。 ■

この定理によれば、地域の開放性と消費者の同質性に加えて、地域の smallness が成り立っていれば、環境改善の便益はその地域の地代変化に帰着する。しかし、地域が大きい場合には、たとえプロジェクトが小さくても、また土地と他の消費財との間の代替性が存在しなくとも、地代変化は環境改善の便益とは一致しない。このように、時系列的なキャピタリゼーション仮説がなりたつ

ためには、クロス・セクションのキャピタリゼーション仮説よりもはるかに強い仮定が必要である。

## 6. おわりに

ヘドニック・アプローチによる便益評価は、地点間の不動産価格の差が環境質の差を反映するというクロス・セクションのキャピタリゼーション仮説を基礎にしている。この種のキャピタリゼーション仮説は、環境改善プロジェクトがそのプロジェクトが行われた地域の不動産価格を上昇させるという時系列のキャピタリゼーション仮説とは違うことに注意が必要である。これまでに示したように、時系列のキャピタリゼーション仮説が成立するためには小地域の仮定が必要であるが、クロス・セクションのキャピタリゼーションについてはそうではない。したがって、不動産価格の時系列的変化を用いるよりはクロス・セクションの相違を用いた方が便益評価の信頼性が高いといえる。

この点に加えて、時系列的変化を用いる方法では交通投資などの環境投資以外による効果と環境投資の効果を分離することがきわめて難しいというのが問題になる。クロス・セクションのデータについても他の要因による効果を分離する必要があるのは同じであるが、数百から数万という非常に多数のサンプルを集めることができるので、回帰分析の手法を用いることによって少なくとも原理的には環境の効果だけを抜き出すことが可能である。

ヘドニック・アプローチが正しい便益評価をもたらすかどうかは様々な条件に依存する。まず、環境質に対応して敷地面積などの不動産の特性を最適に選択することができる長期のケースについては以下の結果が得られる。ヘドニック・アプローチの便益評価がバイアスをもたないのは、(a) 地域間の移動が自由で費用がかからないという意味で地域が開放性をもち、(b) 消費者が同質的であり、しかも(1) プロジェクトが小さいか、(2) プロジェクトが便益を及ぼす地域が小さいか、(3) 消費と生産について財の間の代替性が存在しないかのいずれかが成り立つ場合である。開放性と同質性が成り立っているが、(1)～(3) が成り立たない場合には便

益を過大評価する傾向が生まれる。また、開放性が成り立っているが同質性が成り立たない場合には便益の過大評価の傾向がより強くなる。

敷地面積などの不動産特性が所与である短期の場合には若干事情が異なる。環境質が異なりそれ以外の特性が同じ不動産がたまたま存在すれば、それらの間の価格差を用いてヘドニック推定値を得ることができる。もし環境改善プロジェクトが小さいか、あるいは大きくて消費財の相対価格を変化させなければ、この種のヘドニック推定値が正しい便益評価をもたらす。それ以外の場合には、過大評価の傾向をもつ。

最後に、開放性の仮定が成立せず、地域間の移動費用が無視できない場合には、ヘドニック推定値は便益を過小評価する傾向をもつ。

以上の結果から、ヘドニック推定値の正確性は一般には保証されないことがわかる。しかし、ヘドニック・アプローチは通常の便益推定法が適用できない非市場財の便益を推定しようとするものである。もともと非市場財の便益を知ることはきわめて困難であり、ごく大ざっぱな推定（例えばそれが1千万円のオーダーなのか1億円のオーダーなのかについての推定）ができるだけでも非常に有益である。ヘドニック・アプローチの問題点を良く理解した上で適切な利用を行えば、プロジェクト評価の大きな助けになるであろう。

## 参考文献

- 1) Kanemoto, Y. : Hedonic prices and the benefits of public projects, *Econometrica*, Vol. 56, pp. 981～989, 1988.
- 2) 奥野正寛・鈴村興太郎：ミクロ経済学，岩波書店，1985年
- 3) 金本良嗣・中村良平・矢澤則彦：ヘドニック・アプローチによる環境の価値の測定，環境科学会誌，Vol. 2, pp. 251～266, 1989.
- 4) Scotchmer, S. : Hedonic prices and cost/benefit analysis, *Jounal of Economic Theory*, Vol.37, pp. 55～75.
- 5) 常木 淳：公共経済学，新世社，1990.
- 6) 金本良嗣：地方公共財の理論，公共経済学の展開（岡野・根岸編），第3章，東洋経済新報社，pp.29～48, 1983.

(1991.3.9受付)

## THEORETICAL FOUNDATIONS OF THE HEDONIC APPROACH TO BENEFIT ESTIMATION

Yoshitsugu KANEMOTO

In a simple two-region model, this article reviews theoretical results in economics on the reliability and biases of hedonic benefit estimates. Major results are: (1) if migration between regions is free and costless, then hedonic estimates yield upper bounds for benefits of environmental improvements, and (2) in special cases such as the small, open case hedonic estimates equal the true benefits. Intertemporal changes in land rents give neither upper nor lower bound estimates except in the small region case.