第 4 章付録

第４章付録

神戸商科大学経済研究所助教授　　　　　　赤井 伸郎
東京大学大学院経済学研究科
附属日本経済国際共同研究センター長　　金本 良嗣

１ 等価変分と補償変分

マーシャルの消費者余剰の理論的な問題は、効用関数を貨幣単位で表現することで避けることができる。このような表現法のうちで最もよく知られているのが、ヒックスによる**等価変分**(Equivalent Variation, **EV**)と**補償変分**(Compensating Variation, **CV**)である。ヒックスによる定義では、等価変分は、投資によって便益を受ける人に対して投資の実行をあきらめてもらうために支払わなければならない金額であり、補償変分は、投資によって便益を受ける人が投資のために払ってもよいと考える最高支払額である。このように定義された等価変分と補償変分は貨幣単位の効用関数を用いて表現することができる。

貨幣単位で表わした効用関数のことを**貨幣単位の効用関数**（**Money Metric Utility Function**）と呼んでいる。貨幣単位の効用関数は以下のようにして定義することができる。

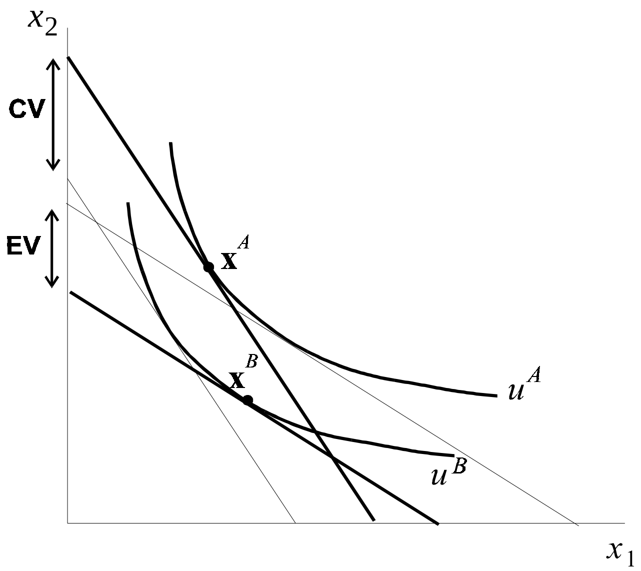
食料と衣料の例を用いて、$U(x_1, x_2)$という効用関数を持っている人を考える。（ここで、x_1は食料の需要量、x_2は衣料の需要量である。）この効用関数は一般に貨幣単位で表されるわけではないので、貨幣単位に変換する必要がある。そのためには、任意の効用水準uに対して、その水準を達成するために最小限必要な所得を用いればよい。より正確には、食料と衣料の価格$\mathbf{p} = (p_1, p_2)$を固定して、ある効用水準uを達成するために必要な所得の最低額を求める。つまり、$U(x_1, x_2) \geq u$という制約のもとで、支出額$p_1 x_1 + p_2 x_2$を最小にする問題を解き、その最小値を求める。求めた最小値は価格と効用の関数$e(\mathbf{p}, u)$で表されるが、この関数は一般に**支出関数**と呼ばれているものである。

この支出関数は、価格体系$\mathbf{p} = (p_1, p_2)$が決まっているときに、ある一定の効用水準を達成するのに最小限必要な所得額を表している。したがって、価格が固定されていれば、所得が高いとより多くの消費が可能になって効用が高まり、逆に、所得が低いと効用が低くなるという関係が成り立つので、効用と所得の水準はお互いに一対一に対応する。この対応関係を用いて、効用水準の変化を所得変化に貨幣換算できる。

ここで問題になるのは、効用と所得を一対一対応させるためには価格を固定する必要があるのに対して、公共投資を行うと、直接に関連する財の価格（一般化費用）が変化するし、波及効果によって他の財・サービスの価格も変化することである。どの

時点の価格を用いるべきかを決定する必要が出てくる訳であるが、この価格として、投資前の（厳密には、投資無しの場合の）価格を用いるのが等価変分（CV）であり、投資後の（投資有りの場合の）価格を用いるのが補償変分（EV）である。

図 1　CV と EV



一般には、支出関数 $e(\mathbf{p},u)$ を用いた貨幣単位の便益は以下のようになる。公共投資を行わない場合の消費ベクトルが $\mathbf{x}^B=(x_1^B,x_2^B)$ であり、行った場合の消費ベクトルが $\mathbf{x}^A=(x_1^A,x_2^A)$ であると、これらの 2 つの間の効用の差を貨幣単位で測ったものは、

$$e(\mathbf{p},U(\mathbf{x}^A))-e(\mathbf{p},U(\mathbf{x}^B))$$

となる。以上の操作で、効用単位を貨幣単位に変換したわけであるが、この変換で用いる価格ベクトルとして、投資前の価格 $\mathbf{p}^B$ を用いると等価変分（EV）になり、投資後の価格 $\mathbf{p}^A$ を用いると補償変分（CV）になる。

等価変分と補償変分を図示すると図 1のようになる。たとえば、等価変分は

$$EV=e(\mathbf{p}^B,U(\mathbf{x}^A))-e(\mathbf{p}^B,U(\mathbf{x}^B))$$

である。この式の右辺の第 2 項は投資を行わない時の予算制約線（$\mathbf{x}^B$ 点での無差別曲線 u^B との接線）で表され、第 1 項はこの予算制約線と同じ傾きをもち無差別曲線 u^A と接する直線で表されるので、これらの二つの直線の差が EV を表すことになる[1]。この図から明らかなように、等価変分は、投資によって便益を受ける人に対して、投資の実行をあきらめてもらうにはいくら支払わなくてはならないかを示している。補償変

[1] より厳密には、これらの二つの直線の縦方向の距離に第 2 財の投資前の価格 p_2^B をかけたものが EV になる。

分は、投資によって便益を受ける人が、投資のために払ってもよいと考える最高支払額である。

EV は事前の価格を用いるので、代替的な投資プロジェクトの間の選択の場合にも単一の価格を用いて評価できる一方、CV は事後の価格を用いるので、二つ以上のプロジェクトの比較の場合には問題が発生する。二つの代替的なプロジェクトの投資後の価格体系は異なるのが一般的であるので、二つの異なった価格体系を用いて評価すると整合的な比較はできないからである。したがって、二つ以上の代替案の比較の場合には EV の方が便利である。

等価変分・補償変分アプローチの欠点

実際に CV や EV を計測する際には需要関数を推定しなければならないが、用いるべき需要関数は、通常の需要関数ではなく、ヒックスの補償需要関数であることに注意が必要である。通常の需要関数は、消費者が、ある与えられた所得水準と価格のもとで効用を最大化した結果として導かれる消費量を表し、マーシャルの需要関数と呼ばれる。マーシャルの需要関数は所得 I と価格ベクトル $\mathbf{p}$ の関数で表現され、たとえば、第 1 財の需要関数は $x_1(\mathbf{p}, I)$ と書くことができる。これに対して、ヒックスの補償需要関数は、先に示した支出関数を導出する問題を解いて得られる消費量を表す。つまり、消費者が、ある一定の効用水準 u を達成するという条件の下で、消費支出額の合計 $p_1x_1 + p_2x_2$ を最小にした場合の消費量であり、$\bar{x}_1(\mathbf{p}, u)$ の形になる。この補償需要関数に投資前（投資無し）の場合の効用水準 u^B を代入したものを需要関数として用いて、図１と同様に消費者余剰を計測すると、CV が得られる。また、u^B の代わりに投資後（投資有り）の場合の効用水準 u^A を代入すると、EV が得られる。補償需要関数を計測することはそれほど困難なことではないが、もともとの需要関数の推定にかなり大きな誤差があることが通常であるので、補償需要関数を用いた精緻化を行っても意味がないことが多い。

2 ヘドニック・アプローチ

ヘドニック・アプローチは、住宅価格や地価等の不動産価格のクロスセクション・データを用いて、その価値の差から、社会資本や環境の価値を計測するものである。

地価のクロス・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み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 $\mathbf{z} = (z_1, \cdots, z_n)$ 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 $p(\mathbf{z})$ 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 $\mathbf{z}$ を持つ住宅に関してある消費者が最大限支払ってよいと思っている価格（＝付け値）を表すものである。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ことができない。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 $\theta(\mathbf{z}; y, u)$ 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 $\mathbf{z}$ に支払いうる最高の価格を表している。消費者が多数存在する時には、各消費者の効用最大化行動から、市場価格関数 $p(\mathbf{z})$ は付け値関数の上側の包絡線になる。

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、図 2において、環境質が $\mathbf{z}$ から $\mathbf{z}'$ 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環境質の改善に対して $p'-p$ 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。

<u>ヘドニックアプローチの欠点</u>

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。図 2では、市場価格関数を用いた推定は $p''-p$ であり、これは付け値関数を用いたものより明らかに大きい。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。市場価格関数から環境の価値を正確に推定できるのは、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がないからである。

付け値関数の推定が可能であれば、それを用いて環境の価値の計測を行う方が望ましい。しかし、付け値関数の推定には幾多の困難があるので、実際には市場価格関数の推定で満足せざるを得ない場合がほとんどである[2]。

市場価格関数の推定は以下のようにして行われる。市場価格関数の関数形として線形の関数を選べば、推定式は以下のようになる。

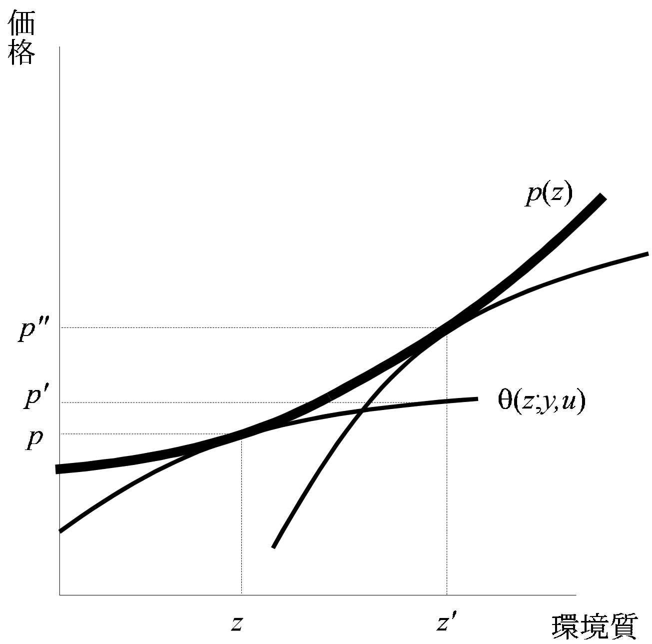
$$p = a_0 + a_1 z_1 + a_2 z_2 + \cdots + a_n z_n + u$$

ここで p は地価、z_i は i 番目の属性、a_i は推定する係数、u は誤差項であり、a_i は最小二乗法によって測定される[3]。

[2] 金本・中村・矢澤(1989)を参照。

[3] 線形モデルは推定に便利であるが、線形モデルが最良のものである保証はない。ヘドニック価格関数の

図 2　ヘドニック・モデルにおける環境の価値



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[4]。

第一に、環境の質に対応して敷地面積や建物の階数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、開放性は成り立っているが同質性が成り立たない場合にも便益の過大評価の傾向がもたらされる。

第二に、建物や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、あるいは大きくても消費財の相対価格を変化させなければ、この種

形状は理論的には特定できず、統計的に調べるしかない。線形に代わる関数形としては対数線形やBox-Cox 変換が用いられることが多い。これらの関数形については金本・中村・矢澤(1989)とその中の参考文献を参照されたい。

4 金本(1992)を参照。

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

金本良嗣(1992)「ヘドニック・アプローチによる便益評価の理論的基礎」『土木学会論文集』No.49/Ⅳ-17，pp.47-56

金本良嗣・中村良平・矢澤則彦(1989)「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』２，pp.215-266.