

論文

「ヘドニック・アプローチについての考察」*

sin

平成 15 年 1 月 31 日

*この論文では、ヘドニック・アプローチの理論展開の歴史、特にその問題点について過去の様々な研究から分析し、またその実証分析での利用にあたっての注意点を述べている。そして、他分野の研究成果を取り入れた最近の研究を踏まえながらこれからのヘドニック・アプローチの方向性を考える。

目 次

1	はじめに	3
2	ヘドニック・アプローチとは	3
2.1	ヘドニック価格評価法	3
2.2	環境評価法におけるヘドニック価格評価法の位置付け	5
2.3	価格評価法以外でのヘドニックアプローチ	6
3	ヘドニック・アプローチの抱える問題点とそれへの対処 - 理論面 -	6
3.1	均衡について	7
3.2	ヘドニック関数の構造方程式的アプローチの可能性	8
3.3	値付け関数、需要関数の識別問題	8
3.4	限界支払意思関数についての諸問題	10
4	ヘドニック・アプローチの抱える問題点とそれへの対処 - 実証面 -	11
4.1	環境特性について	12
4.2	市場の定義の問題	12
4.3	多重共線性の問題と、その対処方法	13
4.4	推計式の特定化	15
4.5	変数の内生性と操作変数法	17
4.6	価格指数の利用に関する注意	17
5	現代におけるヘドニック・アプローチの展開	19
5.1	合理的期待の導入	19
5.2	不確実性と情報の導入	19
5.3	従来のヘドニック分析への反省	20
5.4	より一般的なモデルとしてのセミパラメトリック法	20
5.5	ベイズアン推定の利用	21
5.6	カオスの可能性を考慮した検定	21
5.7	市場支配力への応用	21
6	結論	22
	参考文献	22

1 はじめに

近年、環境問題への関心が増加してきている。特に、公共事業により環境に悪影響を与える可能性などにも注目があかれ、それは、「脱ダム宣言」をした知事が再当選するという事態にまで発展している。このような状況で、実際に環境の影響を貨幣的に換算する方法として様々な環境評価は注目されてきている。

また、現代社会では様々な需要に対応する為に多様に差別化された商品が生産されており、それらは従来の同質財を前提とした経済学では捉えられないほど複雑なものとなっている。したがって、差別化された財を考慮に入れた産業組織的モデルが経済学でもより重要となっている。

これらの問題に対して共通に有効なアプローチとして、ヘドニック・アプローチがある。このアプローチは、その推計方法自体は単純で利用可能である一方で、経済学的な裏づけもある便利な方法なために 1970 年代から現代に至るまで様々な形態で利用されてきた。

さらに、コンピューターのスペック、プログラムの発達やパネルデータなどのマイクロデータの近年における整備の充実により、ヘドニック・アプローチを含んだ、多様なマイクロ計量経済学的アプローチがより利用しやすくなっている。

しかしながら、ヘドニック・アプローチは理論、実証の双方の観点から様々な問題があるといわれており、実際に利用する際にはそれらを考慮しなければならない。実際に、理論的にヘドニック・アプローチを始めに構築した [Rosen(1974)] 以降、様々な問題が多くの経済学者により指摘されている。

この論文では、そういったヘドニック・アプローチの歴史的展開を若干踏まえながら、ヘドニック・アプローチを利用するに当たっての問題点、実際の利用可能性をみていきたい。

2 ヘドニック・アプローチとは

ヘドニック・アプローチと一口にいっても、それはヘドニック価格評価法、製品の「質」を製品の特性により表現される関数を用いた手法など、いくつかの種類を持つ。ここでは、主に [Rosen(1974)] を中心として説明を行い、また環境評価法全般においてヘドニック価格評価法がどのような位置にあるかを説明する。

2.1 ヘドニック価格評価法

ヘドニック価格評価法の最初の研究としては、[ヨハンソン (1994)] などでも紹介されるように [Griliches(1971)] と [Rosen(1974)] とされることが多い。[Griliches(1971)] は自動車市場についての実証研究として、[Rosen(1974)] はヘドニック価格評価法の理論的基礎としていずれも重要な研究である。しかしながら、[Goodman(1998)] に紹介されている Andrew Court の研究なども考慮すると、その歴史はもうすこし古くなるだろう。

Andrew Court は the Automobile Manufacturers' Association で 1930 年から 1940 年まで活躍した後、General Motors に移り、そこに 1966 年の退役のときまですごした経済学

者である。[Court(1935)]をはじめとした彼の研究の中で、彼は自動車価格に対しその特性を回帰する、しかも半対数線形など現在でもよく使われる形で利用している。しかしながら、当時は計量経済学はマクロ経済学中心であり、均衡分析などの理論分析が重視されていた当時のミクロ経済学まで計量経済学のアプローチが適用されなかったため彼の研究は[Griliches(1971)]のような係数の標準誤差や決定係数を用いるなどの現代的なアプローチを形作ることは無かった。それは Court が引退する 1966 年まで続いたといえる。

このように、先駆的であったが当時の経済学の主流との興味のズレのせいもあり省みられなかった Court らの研究は、[Griliches(1971)] に引き継がれ、さらにその理論的基礎付けとして [Rosen(1974)]、がなされた。ここでは特に [Rosen(1974)] の理論的枠組みを捉えたい。消費者は以下のような効用関数を最大化するとする。

$$U(x, z_1, \dots, z_n; \alpha) \quad s.t. \quad y = x + P(z) \quad (1)$$

U を厳密に凹な効用関数、 y は所得、 n 種類の製品特性、 x を複合財、 z_i を製品特性とする。 α は消費者の趣向を示すパラメータであり、消費者間の違いをもたらすものとする。 $P(z)$ は価格関数である。

この消費者の効用最大化問題を解くと、仮定より 2 階の条件は満たされ、 $\frac{\partial P}{\partial z_i} = P_i = \frac{U_{z_i}}{U_x} \forall i$ 、という条件が最大化の 1 階の極値の必要条件より得られる。

ここで、消費者の値付け関数 $\theta \equiv y - x$ と定義する。 θ は消費者が固定された製品特性、所得、効用水準のもとでの支払意思額を示している。それより、 θ は z, u, y (u はある固定された効用水準) に依存する関数となり、それを効用関数に代入して改めて 1 階の条件を求めると、 $\theta_{z_i} = \frac{U_{z_i}}{U_x} \forall i$ が得られる。したがって、先ほどの条件を考慮すると $\theta_{z_i} = p_i \forall i$ また、消費者は固定された製品特性、所得、効用水準のもとでは θ だけ対価を払う意志を持ち、一方で消費者は最低でも $P(z)$ だけ払う必要があることから結局効用最大化水準では $P(z) = \theta$ となる。つまり、均衡では値付け関数は価格関数に接する。

次に生産者について考える。生産者は以下の利潤最大化問題に直面する。

$$\pi = Mp(z) - C(M, z_1, \dots, z_n; \beta) \quad (2)$$

M は生産量、 C は凸で固定費用が 0、限界費用が正となる費用関数である。仮定より 2 階の条件は満たされているので、1 階の極値の必要条件を求めるとそれを变形すると、 $P_i(z) = \frac{C_{z_i}(M, z_1, \dots, z_n; \beta)}{M} \forall i$ 、 $P(z) = C_M(M, z_1, \dots, z_n; \beta)$ がもとまる。

次に、オファー関数 ϕ を導入する。オファー関数は、所与の製品特性のもとである水準の利潤をもたらす製品単価をあらわす関数である。これを $P(z)$ に代入して 1 階の条件を求めると、 $\phi_{z_i} = \frac{C_{z_i}}{M} \forall i$ となり、これより $\phi_{z_i} = P_i(z) \forall i$ が得られる。また、オファー関数は、与えられた製品特性、利潤水準のもとでの製品単価であり、価格関数は市場で得られる最大の価格であるので、利潤最大化において $P(z) = \phi$ となる。つまり、均衡ではオファー関数は価格関数に接する。

したがって、均衡において、消費者と生産者の相互行動によりオファー関数と値付け関数が接する。これは、図では z_1 以外の製品特性を固定したうえで $P-z_1$ 平面状に価格関数、オファー

関数、値付け関数が接している図として描ける。詳しい図は [Rosen(1974), Palmquist(1991)] などを参照。

このようにして、均衡は達成されるとある。ただ、ここであげられている均衡とはあくまで短期均衡であり、長期均衡、つまり参入・退出により利潤が0になり費用関数が短期費用関数の包絡線となる状態とは違った概念である。

2.2 環境評価法におけるヘドニック価格評価法の位置付け

[ターナー *et al.*(2001)] によると、環境評価法の貨幣的評価法は需要曲線を用いるアプローチとそうでないアプローチの2種類にまず大別される。

需要曲線を用いたアプローチは、表明選好法と顕示選好法に分けられる。表明選好法では、アンケートなどを用いることによって環境財に対する個人の表明された選好を調べ、そこから需要を測定する方法である。これに属する代表的な方法としては、仮想評価法 (conjoint valuation method: CVM) がある。その方法の代表的なものとしては、ある環境資産の存在する地域の家庭の家計に面接し、その環境保全に対しての支払意志額を聞き、その平均を計算し環境を享受する人々の人数に掛ける、という方法である。仮想評価法の特徴としては、環境の利用価値だけでなく、その存在価値も計れることにある。しかしながら、仮想評価法は [ターナー *et al.*(2001)] で記述されているように様々な問題を抱えている。アンケートという方法がもつバイアスの可能性や、仮に人々が仮想評価法の結果に基づいて行われる政策について利害関係をもつ場合に、自分の効用をより高める為に、合理的な行動として真の支払意志額を表明しない可能性があるということである。つまり、公共財における「ただ乗り」と同様の問題の発生の可能性がある。

もう1つの需要曲線を用いた方法としては顕示選好法がある。その方法では、環境財を享受する為に必要な、市場価格を持つ財の購入を調べることで需要が顕示される。その代表的な方法として、トラベルコスト法とヘドニック価格評価法がある。トラベルコスト法は、行楽地に対しての環境評価を行う際に特に用いられ、その基本的な理念はその行楽地を訪れるのにかかる費用がそのレクリエーションとしての価値を何らかの形で反映しているというものである。しかしながら、この仮定は様々な問題を抱えている。費用には交通費だけでなく機会費用も考慮されるべき、行楽地の代替性の問題、多様な交通手段の可能性、そして、行楽地の高い価値の為にそこへの交通手段が発達することによる費用の減少の可能性など、多くの根本的問題を抱えている。ヘドニック価格評価法の問題は後述するが、顕示選好法全体の問題としては、環境の利用価値しか測定できず、存在価値は計測できない、ということがあげられる。また、推計できる需要関数が、補償されない需要関数であるということも厚生尺度を作る、という観点から見ると問題となる。

なお、需要関数を用いたアプローチの最終目標は、厚生尺度を求めることである。

需要曲線を用いないアプローチとしては、[ターナー *et al.*(2001)] にあるとおり、環境変化に対する生理的な反応のデータを用いる容量反応法、損害を受けた資産を置換したり再生する費用を見る置換費用法、環境悪化の原因となる活動による便益が評価付けられる機会費

用法などがある。これらは政策担当者に対し、厚生尺度ではないが有用な状況を提供する方法として利用されるが、あくまでこれらの分析は経済学的な分析とは密接に関係しないので、詳しい説明はここでは省く。

2.3 価格評価法以外でのヘドニックアプローチ

まずヘドニック・アプローチが多く利用されている分野として挙げられるのは、差別財を明示的にモデルの中に取り入れる産業組織論、特にその実証の分野においてである。

産業組織論で用いられる代表的なヘドニック・アプローチでは、製品の差別化を示す「質」の表現に以下のような定式化が行われることが多い。

$$q \equiv f\left(\sum_{i=1}^n \beta_i z_i\right) \quad (3)$$

なお、 z_i は製品の特性、 f は何らかの単調増加関数を示す（対数、平方根、線形などが多い）。このような質の概念をモデル内に取り入れることで差別化された財を考慮に入れた分析が可能となる。代表的な例としては、 $f\left(\sum_{i=1}^n \beta_i z_i\right) = \left(\sum_{i=1}^n \beta_i z_i\right)^{\frac{1}{2}}$ が用いられた [Bresnahan(1987)] による自動車市場の分析があげられる。

これらの分析の目的は差別化の効果がどのように測定され、それが市場支配力としてどのように機能するかなどであったり、市場での企業の行動がどのようなものであるのかを調べるなど様々な形をとっている。例えば [Bresnahan(1987)] では需要の交差弾力性を差別化の度合いとしてモデルに組み込み様々な企業行動の仮説をたて、市場構造がどのようになっているかを検定している。

また、ヘドニック・アプローチの1つの代表的な使われ方の1つに、品質調整済み価格指数の作成がある。価格指数は質が一定におかれた商品の価格の時系列的变化を示し、それゆえ経済統計においても最も重要な経済指標のひとつである。しかしながら、価格指数の実際の動きにはその対象とする商品の平均的な質の上昇による価格変化もまぎれてしまう可能性がある。それは、特にパソコンや携帯電話など技術進歩の速度が著しく速い財については特に注意される。このような場合には実際のデータよりえられた価格指数をそのまま用いることは望ましくなく、その商品の質の変化による価格変化の影響を除去する為にヘドニック・アプローチが利用される。例えば、[白塚(1995)] では自動車についてヘドニック関数を推定することでCPIの「誤差」を求めている。これは、特にインフレーターゲッティング論など価格指標が政策目標として注目される近年では重要な問題である。

さらに、5節で若干触れるが賃金に関するヘドニック関数を用いて生命の価値を計る研究もある。

3 ヘドニック・アプローチの抱える問題点とそれへの対処 - 理論面 -

ヘドニック・アプローチには、様々な問題が指摘されており、その問題は理論的なものから、実際にヘドニック関数を推定する際に生じるものまで多種存在する。ここではそれらを過去の研究をいくつか紹介しながらまとめていきたい¹。まず3節では、理論的な問題について触れ、次節では実証的な問題に触れていく。

[Rosen(1974)] は、ヘドニック・アプローチの基礎であるが、そこでは理論的な問題が多く生じている。価格関数の存在問題から、ヘドニック関数の実際の利用可能性など様々な問題があるが、以下でそれについて触れていく。

3.1 均衡について

[Rosen(1974)] によると、均衡は消費者と生産者の相互の行動により達成される、具体的には前節にも見たとおり各商品特性の水準においてオファー曲線と値付け曲線の接点が存在する、となっている。そして、価格関数はその接点の連続的な軌跡となっている。

ここで注意すべきことは、均衡は存在が仮定されているということである。これに対しては [Freeman(1979)] 等が批判を行っている。彼らは、この均衡の存在の仮定が果たして良いのか、そして価格関数や値付け関数、オファー関数が連続に存在するのか、という2つの重大な問題をあげている。

前者の問題は、経済学のモデルを考える上で必ず問題となる均衡の存在であり、これはモデルの前提において、追加的な仮定を置くことで達成できる。例えば [Giannias(1996)] 等では、効用関数に2次関数を仮定するなどしたうえで、均衡を命題として求めて分析している。ただ、均衡の存在を満たすような仮定が経済学的に妥当なものとなるかについては注意する必要がある。

後者の問題は、単純に仮定を置けばよいというものではなく注意深く見る必要がある。何故なら、実際の経済において、連続的に製品の特性が分布しているという可能性は低く、離散的にしかとらえられないようなケースも多く存在するからである。

これら連続性の仮定を緩める具体的な方法として、離散選択モデルが挙げられる。離散選択モデルでは、連続性の仮定をおかずに確率の形に間接効用関数や値付け関数をおくことで分析を行う。特に重要なのは、[McFadden(1978)] により開発された nested logit モデルを用いた分析である。nested logit モデルでは、従来の無関連対象からの独立性が仮定されていた logit モデルの問題点をとり除かれている。したがって、理論的にも実証的にも有用なものであるが、[Chattopadhyay(2000)] にもあるように複雑な計算を必要とするのであまり環境評価の分野では実証研究が少なく、いまだ発展の余地がある分野といえる。

また、このような確率的効用モデルは、その確率項の部分に Gumbel 分布など特殊な分布を仮定したり、製品特性を示す定式化の部分は線形にするなど特殊で強い仮定を置かなければ式が複雑になりすぎて尤度が解析的に計算不可能になるなどの問題が生じてしまうことにも注意しなければならないだろう。

¹ なお、この章の議論の多くは [Palmquist(1991)] に依っている。

3.2 ヘドニック関数の構造方程式的アプローチの可能性

ヘドニック関数は均衡によりえられるもので、均衡では消費者と生産者の2者の情報が値付け関数、オファー関数という形で集められている。したがって、適切に情報を抽出する方法さえあれば、ヘドニック関数より消費者、生産者の情報を取り出すことが出来るはずである。しかしながら、[Rosen(1974)]は必ずしも closed-form solution (「閉じた式の解」)は得られないと述べている。

そこで、closed-form solution としてヘドニック関数を得ようという研究が幾つか行われた。ここでは、特に [Giannias(1996)] を例にあげ、このようなアプローチの可能性、利点、欠点を見ていきたい。

[Giannias(1996)]は、モデルを構築する上で多くの仮定をおいた。効用関数の2次形式、効用関数は製品の質そのものではなくその指数に影響を受ける、消費者の好みを示すパラメーター、製品の質の供給は外生的で正規分布に従う、等である。これらの仮定のもとで、ヘドニック関数を求め、それからヘドニック関数と住宅の質についての需要関数を推定することで、効用関数等の構造方程式のパラメータを逆算して求めた。そして、それから得られたパラメータを用いてシミュレーション分析を行っている。

彼の研究は仮定が適切だとすれば有用なものである。しかしながら、ここで想定された仮定は強すぎるしアドホックである。さらに、このような強い仮定はこのモデルでは検証されない前提となっている。

ただ、この仮定の強さはこういった研究そのものが無意味であるということを示しているわけではなく、むしろ価格関数をこのような形で求めることを優先して分析するためには経済学的に納得のいく仮定だけではなく、アドホックともいえる仮定を置く必要があるという意味でヘドニック価格手法を経済学的に特徴付ける為には困難が生じる、ということを示唆している点で有用である。

3.3 値付け関数、需要関数の識別問題

[Rosen(1974)]は、closed-form solution を考える困難さを論じた後に、限界値付け関数、オファー関数を推定するに当たって別の戦略を示唆した。均衡においては、限界費用関数は限界値付け関数、限界オファー関数双方と等しくなることを彼は示し、社会経済学的な特性の差異によって消費者が多様であり、技術的特性の差異によって生産者が多様であるとするならば多くの限界値付け曲線、限界オファー曲線が均衡での価格決定を担うと述べた。特に価格関数が非線形の場合は、限界価格関数は定数とはならないので均衡限界価格関数は限界値付け関数、オファー関数の変化にしたがって変化していく。そこで彼は、このような価格の動きにより値付け関数、オファー関数が推定できると述べた。

しかしながら、オファー関数、値付け関数のそれぞれの変数の中には、それぞれ利潤水準、効用水準という観察しづらいもの、観察不可能なものが存在しており、Rosen はそれら2変数を取り除き、限界値付け関数より補償されない逆需要関数を得ようとした。しかしながら、[McConnell and Phipps(1987)]にもあるとおり限界値付け関数と限界価格関数には差

異が存在する。それは、二つの関数もっている情報量が違うからである。実際、限界値付け関数は所得には依存せず、効用水準に依存する一方で、補償されない逆需要関数は所得の情報を含んで効用水準は含まないので、このことは不思議なことではない。

なお、このような問題を踏まえた上で分析を行った研究として、[Palmquist(1988)] が挙げられる。この分析では距離関数が用いられ、それにより標準化された補償需要関数を得るために限界値付け関数は所得に関して標準化されている。そして、双対問題によりその補償需要関数から補償されない需要関数を推定している。

話は戻るが、一部の経済学者は、供給の完全な非弾力性を仮定した上で製品特性についての需要と供給を双方考慮した同時推定により Rosen のアプローチを実際に行おうとした。しかし、この分析も、[Diamond and Smith(1985)] の研究により否定されている。彼らの研究によると、集計されないデータを用いられている場合に消費者個人が市場支配力を全く持たないことが仮定されているならば供給側を推計で捉える必要がないということが示されている。この結果は、特に短期では供給量が一定とみなせる住宅資産市場のような場合にはよくあてはまりそうである。しかしながら、この仮定はあくまですべての問題を解決する手段ではない。特にここで注意すべきなのは識別問題の存在である。

前述したが、線形の価格関数を仮定した場合には限界価格関数が一定となってしまうので限界値付け関数は推定できなくなってしまう。したがって、非線形の価格関数をりようすることになるわけであるが、その場合でも推定は容易には行かない。なぜなら、ある1人の消費者を考えた場合、その消費者の行動を示すデータと価格関数から限界値付け関数の「1点」のみが得られるわけだが、社会経済学的特性の異なった別の個人を考えたとき、その別の個人は別の限界値付け関数についての情報を示しているわけで、もとの限界値付け関数の情報を新たに得ることはできない、すなわち限界値付け関数は識別できない。ゆえに、限界値付け関数を識別する為には追加的な何らかの仮定やデータを必要とする。

この識別問題への具体的な対処方法としては、主に、分割されている多数の市場の情報を利用する方法と、1つの市場を多くの仮定を置くことで分析するという方法の二つがある。

前者の方法は [Brown and Rosen(1982)] で具体的に実行されており、そこでは空間的、時間的に分離されている市場がありそれにより異なる価格関数が観察されるならば値付け関数が識別可能であり、単一市場での推定では不可能であることが示されている。また、[McConnell and Phipps(1987)] 等では、価格関数も特性の需要と同様に式体系に含まれる形で推計されることが強調されている。しかしながら、均衡での価格関数については所得や社会経済学的特性が需要関数や限界値付け関数に影響を及ぼす一方で価格関数には影響を及ぼさないことから一般的には識別されるとされている。

後者の方法、つまり単一市場で需要関数や限界値付け関数を推定するという研究は多く行われている。ただ、それらどの研究でも効用関数についての関数形やその他様々な情報について巧妙な仮定を行われており、それが識別を可能にしている。ここでは、それら多くの研究に逐一触れることはせず、より一般的に単一市場についての識別問題の必要条件について触れている [McConnell and Phipps(1987)] について触れてみることにする。

[McConnell and Phipps(1987)] は、線形、非線形の価格関数おのおの場合について、具

体的に識別条件を特徴付けている。線形の場合は線形な事前制約を示した行列についての階数の不等式として識別の必要条件、必要十分条件を示し、非線形の場合はパラメータに関しての情報集合の階数を利用して十分条件、必要条件を説明している。

ここで重要なのは、彼らも強調しているが、このような条件そのものというより、このような識別条件を満たすような制約、関数形の仮定が経済学的に根拠のないものになってしまうこと、しかも、その仮定は検証できないものになってしまうということである。つまり、彼らの研究を考えると、単一市場による識別の方法はアドホックな仮定が氾濫してしまうということから望ましいものでないということになる。

さらに、彼らは識別問題そのものが重要なものかどうかという研究を同時に行っており、特に非線形における最尤法の場合などは識別問題そのものよりも次元の数や多重共線性などといった別の問題の方が実際には重視されるべきだと述べている。

以上をまとめると、識別問題を考慮した場合は単一市場による値付け関数の推定は様々な困難を伴う為、可能ならば分離した市場のデータを用いて非線形な価格関数を用いた推定を行った方がよい、ということである。

3.4 限界支払意思関数についての諸問題

限界支払意思関数は、環境など製品の特性の限界的变化に対し消費者が支払う最大の額を示す関数であり、環境評価を図る上で非常に重要な関数である。これは [Rosen(1974)] の研究以降すぐに実用化され、実際に [Harison and Rubinfeld (1978)] などで具体的な関数として測定されてきている。

[Harison and Rubinfeld (1978)] は、多段階の計量経済的手続きを開発して、限界支払意思関数を推定している。彼らは大気汚染についての研究をおこない、ボストンでの自動車に対する窒素酸化物規制を評価した。その具体的な方法は、まずボストンの地区について、製品の特性として環境特性（ここでは NO_2 の濃度を利用）を非線形の項のかたちで含んだ価格関数を推定した。ここでわざわざ非線形にした理由は、後に限界支払意思関数を価格関数から導出する際に、限界支払意思額が環境特性に依存しない定数となることを避けるためである。そして、価格関数を推定した後でかれらは環境特性について価格関数を微分し、その値を限界支払意思額とみなしてそれを被説明変数、所得と環境特性を説明変数として推定を行うことで限界支払関数を推定した。そして、その関数を推定した後、環境特性について積分を行うことで環境の変化に対しての総支払用意を所得階層別に計算することに成功した。この研究はヘドニック価格評価法が環境の評価を具体的な形として可能としたという点で重要な研究である。

ただ、これらの研究では強い仮定が置かれていることに注意しなければならない。それは、まず消費者は所得以外は同一なものと仮定して違う限界支払意思関数が同時に発生しないように前もって仮定を置いていることであり、また、これはより重要なことであるが、環境の変化は価格関数のパラメータに変化を及ぼさないという仮定である。環境の場合は、全体の影響に対してそれほど影響が大きい為価格関数の影響はそれほど大きくないと考え

られるが、環境などの変化により推計式のパラメータそのものが変化してしまう可能性は、マクロ経済学における「ルーカス批判」[Lucas(1976)]の衝撃からもわかるように、無視できるものではない。

また、これらの問題以外にも、[Harison and Rubinfeld (1978)]らのアプローチには様々な仮定が隠されている。それは、消費者の行動は環境変化により変化しない、ここで推定された補償されない支払意志関数によりつくられる厚生指標は補償支払意志関数により導出できる厚生指標に近似出来る、などの仮定である。これらの多くの潜在的な仮定にきちんと対処する為には、価格関数の変化を考慮しなければならない。しかしながら、個人効用水準などに価格関数が影響すると想定した場合には様々な困難が生じる。価格関数だけでは当然情報不足である。消費者の選好に関する情報も必要であるし、正確な厚生指標を得るためには価格関数の変化の予測についての情報も必要となってくるだろう。

しかしながら、価格関数の変化の予測は難しく、特にそれが非線形の場合にはとても困難である。したがって、それを分析する上では変化前 (*ex ante*) の厚生指標と変化後 (*ex post*) の厚生指標を別に考える必要がある。

変化後の厚生指標を分析する際、変化前と変化後の価格関数はともに既知であることを仮定しないとイケない。さらに、非線形の価格関数を仮定した場合限界価格は需要関数のパラメータとならないなどの問題があるため、双対問題が利用できない。ただ、価格関数が線形になるなら前述した [Palmquist(1988)] のように、双対問題を解くことで分析を行うことが出来る。

一方、変化前の厚生指標はより容易に利用可能である。しかしながら、環境変化後の価格関数の情報が得られないなら正確な厚生指標を得ることは依然難しい。ただ、その代わりとして厚生指標の「上限」や「下限」が [Palmquist(1988)] や [Bartik(1988)] において研究されている。[Bartik(1988)] では、生産者が製品供給を調整するなどの特殊な環境以外の一般の環境においては上限が存在するとしている。また、下限については、真の厚生指標を家計の支払意志関数を含む4つの要素で定義し、支払意志関数以外の3つの要素、貯蓄コスト、供給を変化させたとしたら生じる利潤の増加、移動による家計の効用の増加、の全ての要素が非負であることから家計の支払意志関数が下限として機能している、としている。

以上の結果をまとめると、支払意志関数は有用ではあるが、その推定の際には様々な注意が必要であり、特に環境の変化が価格関数そのものを変化させるという一般的な場合を考えた場合には厚生指標を得るためにはかなりの注意を必要とする、ということである。

4 ヘドニック・アプローチの抱える問題点とそれへの対処 - 実証面 -

ヘドニック・アプローチが注目されてきた理由としては、理論的な意味というよりはむしろその実証面である。したがって実証面における様々な問題を見てみることは非常に有用である。

ここでは、まずデータの取り方について若干の考察をした後、計量経済学的な問題について触れてみたい。

4.1 環境特性について

ヘドニック価格評価法を用いる環境評価において最も重要なのは環境特性を示すデータである。ここでは、それについて若干触れることにする。

[Freeman(1979)] などにあるが、環境特性の水準を個人が認識できるかについては様々な意見が存在する。実際の環境のデータは、日本でいえば環境省などの主体が濃度、量、などの単位によって集められることが多く、個人が正確に認識できるものとは限らない。しかしながら、全く個人が認知できないものともいいきれず、結局は環境の種類に依存すると思われる。例えば、ある家を個人 A が買おうとするとき、その家について A が情報収集をすれば、近所の緑地の広さ、車の騒音、臭い、近所にある建物など様々な物が観察できるだろう。一方で、ダイオキシンの濃度や土壌汚染、水質、大気の質（成分によるが）などについてはよほどひどい水準でなければ認識できないであろう。

また、環境の質は必ずしも客観的な量で測れるものではない。「化学的に汚い」空気と、「直感的に汚い」空気が一致しないことは充分ありうるだろう。仮に個人が環境に対し主観的に評価しているなら、ヘドニックの推定結果は CVM のアプローチよりも効果が無いことになる。実際、[Brookshire *et al.*(1981)] の研究によるサーベイ法（CVM 的アプローチ）とヘドニック法の比較では、ヘドニック法の方が適切でない、という結果がでており、この結果からも解るとおり客観的な指標が消費者にとって環境の質を示すとは必ずしも言い難い。

このように、環境評価については様々な困難が生じうる。したがって、推定を行う以前に環境特性の性質を注意し、またできるだけ様々な方向から分析を行わないと思わぬ落とし穴に陥る可能性がある。

4.2 市場の定義の問題

ヘドニック価格評価法では単一の市場における価格を求める。したがって、まずその前提として計量経済学者は単一の市場の範囲でデータを収集する必要がある。仮に、本当は分離されている市場についてそれを無視してあたかも単一の市場であるかのようにデータをまとめてそれで推定を行った場合、当然推計結果には偏りが生じる。また逆に、実際は単一の市場なのにも関わらずあたかも分割された市場であるかのようにデータを集めると、非効率な分析となってしまう。

では、どのようにして市場が分離しているか調べればよいのか？その判断の方法として、まず [Freeman(1979)] による「分離した市場」の定義が有用である。freeman は、1 つの市場のなかでセグメントを 2 つとり、それらについて異なるヘドニック関数が推定できれば市場は分離されているとみなす、としている。異なるヘドニック関数は、消費者がセグメント間で購買行動を行う際に何らかの障壁、具体的には地理、差別、情報不足、が存在していることの結果として発生している。したがって、例えば多様な人々が存在する都市で住宅価格の分析を行う場合などにはそのような様々な特殊要因について詳細に分析する必要がある。

また、ヘドニック関数の差異の別の原因として [Freeman(1979)] は需給の構造に差異が存在する、ということを要求している。それは、例えば都市間には移動コストや情報の非対称

性があるかどうかの分析である。ただ、これらの分析はかなり詳細な都市に関する情報収集を必要とする、という意味では容易に出来るものでない。

このような市場の差異の有無を調べる為に計量経済学的方法を用いるとすれば、二つのヘドニック関数の係数が等しいという帰無仮説をおいたもとでの F 検定を行い、その仮説が棄却されるかどうか調べるという方法が利用可能となる。しかしながら、この方法は推計されたヘドニック関数が真の関数でなければいけない。したがって、この方法を実行する際にはなるべく注意をする必要がある。

また、さらに別のアプローチとして、[Michaels and Smith(1990)] による方法がある。彼らは、不動産市場において分析をするに当たって、不動産仲介人に不動産市場がどのように分割されているかを尋ねた。その根拠としては、実際に不動産を取引する場合には、大体的な場合情報の優位性や時間節約の為に彼らのような「仲介者」が存在して彼らが媒介となっている。彼らの指摘によって、分析者の視点からは同質とみられていた市場は分離していることが指摘され、その多くは統計学的にも支持された、という点を踏まえるとこのような方法も有用であると思われる。始めに挙げた Freeman のアプローチよりはるかに手間が少ない、という点にも好感がもてる。

このように市場が特定化されれば、パネル分析などが可能となりより正確な分析が可能となるし、また識別問題などにも対応できるようになるのでこのような分析は面倒な場合であろうが出来るだけ試みられるべきであろう。

4.3 多重共線性の問題と、その対処方法

ヘドニック価格評価法を用いて価格関数を推定する場合、説明変数には多くの候補が上がる。例えば自動車の場合では、馬力、トルクなどエンジン関係の特性、車高、車幅などの大きさ、車体のデザイン、定員、燃費、などなどその特性は多種にわたる。このような多種の製品特性を説明変数に用いて推定を行った際、多重共線性の問題が生じるケースが多い。なお、ここでの「多重共線性」の定義は、説明変数行列を構成するベクトルが一次従属の関係になる「完全な多重共線性」のケースではなく、説明変数間の相関が非常に高い「多重共線性に近い状態」の場合である。ここではそういった環境のもとで推定を行う際に際しどのような問題が生じ、そしてそれへの対処はどのようにすべきか、ということについて触れたい。

[Greene(1997)] によると、多重共線性の発生した時に起こる問題としては、3つあげられている。第一の問題はデータの小さい変化がパラメータの推定結果に大きい影響を及ぼすということである。第二の問題は、仮に本来ならば係数全体では有意性があり、決定係数が非常に高い回帰式を推定したとしても多重共線性があると非常に高い係数の標準偏差が推定されてしまうので一見有意性を持たなくなってしまう恐れが生じる可能性である。第三の問題は、係数の値が本来の値と正負逆になったり、大きく値がズレてしまう恐れがあるということである。これらは、計量経済学的には非常に重大な問題である。また、[McConnell and Phipps(1987)] においても、多重共線性の問題は識別問題以上に重大なものとしてあげられており、ヘドニック関数を推定する場合でも注意しなければならない問題である。

したがって、推計を行う際に多重共線性を無視することは出来ないが、実際に推計を行う場合にはどのようにその多重共線性の存在の有無を調べるのだろうか？

その具体的方法を研究している論文に、多重共線性についての過去の研究をまとめ、それを実際に利用している実証研究として[白塚(1995)]がある。[白塚(1995)]ではまず、状態指標(condition index)という説明変数の相関行列の固有値を用いた指標を用いて、全体として多重共線性の有無があるかを検定している。そして、全体としての多重共線性の有無を検定した後どの説明変数間において多重共線性が発生しているかを説明する指標として、相関行列から計算される VIF(variance inflation factor: 分散拡大要因) が利用できると次に述べられている。

これらの指標を用いることで多重共線性の存在の有無を調べることが可能になるが、問題なのはそれに対してどのような対処をすればよいか、ということである。最も望ましい方法としては、[Greene(1997)] や [浅野・中村(2000)] にあるように、データを追加していくことである。しかしながら、ヘドニック関数を推定する場合に用いられるデータは可能な限り時間や地域について細分化された場合が多く、追加的にデータを増やすことは困難である。他の方法としては、VIF などの指標や、多くの推定を行いその当てはまりを調べることでアドホックに説明変数を取捨選択していく方法([白塚(1995)])、追加的な係数についての制約を置く方法([浅野・中村(2000)]) と、特殊な推定方法を利用する方法([白塚(1995)]、[Greene(1997)]) の3通りの方法が考えられる。

第一の方法は、[浅野・中村(2000)] にもあるとおり特定化の誤りをおこし、モデルの推定の目的自体を放棄する可能性がある。ただ、ヘドニック関数の推定の場合は、マクロ消費関数の所得のように説明変数自体にはそれほど強い理論的意味はないという意味ではモデルの目的自体は脅かされないであろう。むしろ問題なのは、特定化の誤りの可能性である。したがって、この方法を用いた場合は、最低でも[養谷(1996)] で提唱されている RESET テストなどの何らかの特定化の誤りを検証する必要があるだろう。なお、[白塚(1995)] では第三の方法を模索した後に最終的にはこの方法を用いているし、実際の他の研究でも明示的、暗示的に説明変数として選ばれる製品特性が取捨選択される場合が多く見受けられる。これらの点を考えると最も利用される方法であることには違いない。

第二の方法は、VIF などで高い多重共線性がみられる説明変数の係数について、収穫一定などの経済学的に意味のある仮定をおくことで多重共線性を回避する方法である。しかし、ヘドニック関数の場合はそのような制約を経済学的に意義のある形でおくのは困難であり、この方法は現実的でない。

第三の方法は、特殊な推定方法を使うというものである。この方法として [Greene(1997)] で挙げられているのはリッジ回帰と主成分分析を用いた推定の二つの方法である。

リッジ回帰は、おおまかにいうと二つの説明変数行列の積の対角要素のみでつくられた対角行列で最小二乗法などで得られる係数を「調整」し、より良い推定式を得るという試みであり、これにより係数の標準偏差を減少させることが出来るが、実際に得られる係数の標準偏差には誤差が生じる、統計学的に解釈が困難、などの理由で実際には用いられることは少ない。

次に主成分分析を用いた方法について述べる。主成分分析自体は計量経済学とは直接は関係なく、データの相関行列を直交行列を用いて対角化することで、データを直交する「得点」に変換する多変量統計分析のひとつの方法である。ここで新たに得られた「得点」はもとのデータの線形結合となっており、しかも各「得点」ベクトルは直交しているので当然相関は無く、多重共線性の心配は全くない。実際に [白塚 (1995)] では説明変数に主成分分析を施した後に回帰を行い、係数の有意性、決定係数の双方において良好な結果を得ている点からも有用な方法のように思える。

しかしながら、この分析にも問題点が多数存在する。最大の問題といえるのは、推定結果をどのように解釈すればよいのか、という問題である。各「得点」がどのような指標であるかは分析者の主観にある程度依存せざるを得ない。これは主成分分析そのものもっている限界である。それへの対処としては、推計後に「得点」をもとの線形結合の形にバラしてもとのデータを説明変数とした回帰式を得る、という方法が考えられるがこれにも問題が多い。なぜなら、この場合データに対しての逆算された係数の有意性を直接検定することが不可能であり、より重要な問題としては [Greene(1997)] にも述べられている通り、このような推計を行った場合推計された係数にバイアスが生じてしまうことである。このような問題点を踏まえると、積極的にこの方法は用いることはできない。しかしながら、主成分分析を利用すると [白塚 (1995)] で行われているようにデータのグループ分けができるということを考えるとこの方法も分析の中でことには意味があると思われる。

このように、多重共線性の問題は重要であるにもかかわらず一般的に完全に解決することは困難である。しかしながら、これらの方法を考慮に入れて分析を行うことは無意識にモデルをいじくって適当なヘドニック関数をつくるという方法に比べればはるかに良いものとなるだろう。

4.4 推計式の特定化

式の特定化は一般の計量経済学においても重要な問題であるが、ヘドニック価格評価法においては特に重要なものと思われる。なぜなら、ヘドニック関数が線形か非線形かで理論的に識別を行う際に大きな違いが生じうるし、[Harison and Rubinfeld (1978)] らの研究のように 2 段階推定を行う場合はその関数形の選択が後の分析に大きな影響を与えるからである。

ヘドニック価格評価法において用いられる関数形は、線形、半対数線形、対数線形、逆半対数線形などが挙げられる。これらの関数形は、直接仮定される場合以外にも一般の関数をテーラー展開などで線形近似したものとして導かれることがあるので、少なくとも局所レベルにおいてはある程度一般的なモデルであろう。しかしながら、ここで挙げられた各関数形は入れ子の関係に無く、したがって推定の際には入れ子型の検定ではなく、モデルを非入れ子型の検定により選択する必要が生じてしまう。

この問題を解決する一般的な関数形として、[Halvorsen and Pollakowski(1981)] で始めにヘドニック価格評価法に導入された 2 次 Box-Cox 関数が有用である。これは以下のような

関数である。

$$P^{(\theta)}(z) = \alpha_0 + \sum_{i=1}^n \alpha_i z_i^{(\lambda)} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \gamma_{ij} z_i^{(\lambda)} z_j^{(\lambda)} \quad (4)$$

ただし、 P は価格を示し、 $P^{(\theta)} = \frac{P^\theta - 1}{\theta}$ ($\text{if } \theta \neq 0$), $P^{(\theta)} = \ln P$ ($\text{if } \theta = 0$) と定義され、 z_i は製品特性を示し、 $z_i^{(\lambda)} = \frac{z_i^\lambda - 1}{\lambda}$ ($\text{if } \lambda \neq 0$), $z_i^{(\lambda)} = \ln z_i$ ($\text{if } \lambda = 0$) と定義される。また、 $\alpha_i, \gamma_{ij}, \theta, \lambda$ はパラメータを示す。

ここで、 $\gamma_{ij} = 0 \quad \forall i, j$ とした場合を考えると、 $\theta = 1, \lambda = 1$ となれば上の式は線形、 $\theta = 0, \lambda = 1$ となれば上の式は半対数線形、 $\theta = 0, \lambda = 0$ となれば上の式は対数線形、 $\theta = 1, \lambda = 0$ となれば上の式は逆半対数線形となることに注意すると、この 2 次 Box-Cox 関数は 4 種類全ての関数形を入れ子型としてもつ一般的な関数となることがわかる。さらに、 $\gamma_{ij} \neq 0$ となる一般的なケースを考えると 2 次形式にまで対応するなど、一見すると十分すぎるほど制約のゆるい関数となる。

しかしながら、この変換にも限界がある。確かに大体の関数は 2 次までのテーラー展開を行えばかなりの精度で近似出来るが、それはあくまである基準点においての局所的な近似であって一般的な近似ではない。また、説明変数の変換パラメータの λ についてであるが、これが各製品特性間で一定であるというここでの仮定はアドホックであり、実際には各説明変数それぞれについて独立に変換パラメータを推定すべきである。特に、環境特性については、その変化の価格への影響はあまり強くないということを踏まえると独立して λ を求めた方が良く、ということが [Palmquist(1991)] により述べられている。ただ、このように推計するパラメータを増やすことは計算機、プログラムにかなりの負担を強いるので実際には限界があると思われる。

一方、[Cropper *et al.*(1988)] らのモンテカルロ実験による 2 次 Box-Cox 関数と 1 次 Box-Cox 関数の有効性の比較の研究によると、仮に正しい定式化が推計の際なされた場合には 2 次 Box-Cox 関数と 1 次 Box-Cox 関数の推計値はほぼ等しくなり、また定式化のミスがなされた場合には 2 次 Box-Cox 関数よりも 1 次 Box-Cox 関数のほうがより正確な推計値を得る、という興味深い結果を得ている。1 次 Box-Cox 関数は、2 次 Box-Cox 関数に $\gamma_{ij} = 0 \quad \forall i, j$ という制約を置くことで得られる関数であり、依然として線形、半対数線形、対数線形、逆半対数線形の 4 つ全ての関数を特殊系としてもつ関数となるので、この関数自体が十分に一般性を持っているといえる。2 次 Box-Cox 関数は 1 次 Box-Cox 関数よりも説明変数の数が製品特性の数の二乗 ($= n^2$) だけ多い、ということを踏まえると、関数形としては 1 次 Box-Cox 関数を採用することが最も望ましいと思われる。

なお、1 次 Box-Cox 関数の実際の推定に利用する方法を 1 つあげると、誤差項に仮定を施した後にまず一般的に [Greene(1997), 養谷 (1996)] などにある非線形最小二乗法、最尤法、非線形 GMM などの非線形推定を用いてパラメータを推定し θ, λ についての検定をする。次に、パラメータにさきほどの検定で棄却されなかったパラメータを代入した式を推定する値を代入して式を特定化し推計する。このような推計方法を実際に用いた研究例としては [白塚 (1995)] が挙げられる。

4.5 変数の内生性と操作変数法

前述したが、[Rosen(1974)] では均衡は消費者と生産者の双方の行動により決定され、限界価格関数は限界値付け関数と限界オファー関数の双方により決定されるので限界価格や供給量は内生的に決定される。また、集計されてないデータを用いた場合は供給側を考える必要がなくなるのでこのような内生性を考慮する必要がない、ということも前述した。

しかしながら、仮に均衡における価格関数が非線形の場合には、限界価格と製品特性の量は同時決定となる。それゆえ、価格は製品特性に依存するようになるので、その需要をしめす誤差項と価格の間に相関が生じてしまう。この現象は [Diamond and Smith(1985)] らによって指摘されている。このような場合には、内生変数に対応した操作変数を用いることが必要となる。

しかしながら、[Palmquist(1991)] で述べられている通り、操作変数を見つけることは困難である。例えば、推計に直接用いない製品特性は誤差項と相関しているので利用できないし、社会経済学的特性もそれらが観察不可能な消費者の好みを示す変数と相関していないという状況のもとでしか確実な操作変数として利用はできない。観察可能な社会経済学的特性が観察不可能なそれと相関をもつとき、それは操作変数としては有効でない。そして、有効な操作変数としては、時間、空間的に分離された市場での変数があげられている。さらに、製品特性など説明変数において観察不可能なものが存在すると想定されたときはそれにたいしても考慮された操作変数が導入されなければならない。例えば、少し分析対象は違うが [Berry *et al.*(1995)] ではそのような観察されない変数の影響を消す為に操作変数を導入している。

これらをまとめると、特殊な想定の場合を除き基本的にはなるべく操作変数を用いた方がよい、がその操作変数を選ぶ際にはかなり注意をしなければならない、ということがいえよう。

4.6 価格指数の利用に関する注意

ヘドニック価格評価法では、しばしば価格水準そのものでなく価格指数を利用する場合がある。例えば、品質調整済み価格指数を計算するときに利用する被説明変数は価格指数である。

このような場合、推計された式はヘドニックの意味での価格関数と異なる可能性があるのに注意しなければならない。なぜなら、ヘドニック価格評価法での価格は価格水準に対して回帰をいって求めているのであるからである。

具体的に式を立てて考えてみたい。

$$\ln P_t = \alpha + \sum_{i=1}^n \beta_i z_{it}^{(\lambda)} + \sum_{j=2}^T \gamma_j D_t^j + \epsilon_t \quad (5)$$

ただし $D_t^j = 1$ (*if* $j = t$), $D_t^j = 0$ (*if* $j \neq t$) となるダミー変数、 ϵ_t は IID を満たす確率変数である誤差項とする。推計期間は $t = 1, \dots, T$ である。

ここで、上の式で $t = 1$ とした式を上の式から引くと、

$$\ln P_t - \ln P_1 = \sum_{i=1}^n \beta_i (z_{it}^{(\lambda)} - z_{i1}^{(\lambda)}) + \sum_{j=2}^T \gamma_j D_t^j + (\epsilon_t - \epsilon_1) \quad (6)$$

ここで、価格指数 PI_t と価格水準 P の関係について考えてみたい。価格指数は価格水準と一般には一致しないが、その比は一致する、つまり $\frac{PI_t}{PI_1} = \frac{P_t}{P_1}$ となる。この関係は当然両辺に対数をとっても維持されるので、 $\ln PI_t - \ln PI_1 = \ln \frac{PI_t}{PI_1} = \ln \frac{P_t}{P_1} = \ln P_t - \ln P_1$ となる。また、 $v_t \equiv \epsilon_t - \epsilon_1$ と定義すると、仮定より v_t もまた IID を満たす確率変数となる。これを利用して上の式を書き換えると、

$$\ln \frac{PI_t}{PI_1} = \sum_{i=1}^n \beta_i (z_{it}^{(\lambda)} - z_{i1}^{(\lambda)}) + \sum_{j=2}^T \gamma_j D_t^j + v_t \quad (7)$$

$\ln \frac{PI_t}{PI_1}$ は、第一期から第 t 期までの価格変化率 (の近似) を示しているので、結局は元のモデルの説明変数の差分を価格指数の変化率に回帰すればよい、ということになる。

また、 λ が特殊な値をとる場合にはよりモデルは理解しやすくなる。

$\lambda = 0$ 、つまり対数線形モデルの場合なら、

$$\ln \frac{PI_t}{PI_1} = \sum_{i=1}^n \beta_i \ln \frac{z_{it}}{z_{i1}} + \sum_{j=2}^T \gamma_j D_t^j + v_t \quad (8)$$

つまり、説明変数は製品特性の増加率となる。

また、 $\lambda = 1$ 、つまり半対数線形モデルの場合なら、

$$\ln \frac{PI_t}{PI_1} = \sum_{i=1}^n \beta_i \Delta^1 z_{it} + \sum_{j=2}^T \gamma_j D_t^j + v_t \quad (9)$$

ここで $\Delta^1 z_{it} \equiv z_{it} - z_{i1}$ 、つまり 1 期を基準にした製品特性の増分を示しており、これが説明変数となる。

ここで注意すべきことは、1 次 Box-Cox 関数のパラメータで $\theta = 0$ という特殊ケースでしか、このような価格指数を被説明変数に利用した変形は行えないことである。したがって、価格指数を用いて推定を行う際には関数形がある程度限られてしまうこと、推計する回帰式はヘドニック関数の誘導系の式であることに注意しなければならない。

価格指数を用いた実際の推定の際には、価格指数を価格そのものとしてあつかうことがしばしば存在する。しかし、この場合は無意識にヘドニック関数自体に特殊な仮定、つまりヘドニック関数は価格水準を説明変数として持たないという仮定、が置かれているということを意識して分析する必要がある。

ただ、多くの実証研究によると、ヘドニック関数の特定化として対数線形、半対数線形が支持されることが多い。だからそういった意味ではこのような問題を強く意識する必要は無いかもしれないが、そういったモデルが指示される背景の一つの要因としてこのような解釈があるということを理解しておくことは無意味ではないだろう。

5 現代におけるヘドニック・アプローチの展開

この節では、ヘドニック分析に関する最近のより新たな方向性をもつ研究を幾つか扱い、ヘドニック分析の可能性や限界を探っていきたい。

5.1 合理的期待の導入

[Clapp and Giaccotto(1998)] では、住宅価格に対する築年数の係数（他の条件を一定にした状況においての、住宅価格関数の築年数についての偏微分）について、合理的期待の枠組みを導入している。そして、その係数が住宅の減耗と、住宅保有の将来利得の現在価値を示していることを導いた。そして、供給を一定と仮定した上で需要における期待のシフトが将来利得の期待に影響する、としている。

そして、彼はこれらの理論的枠組みを踏まえて実証研究を行っている。実際の推定結果で得られた負から正まで動く不安定的な築年数の係数の動きと、住宅の減耗は常に負であるということを踏まえて、時系列で負から正に動いた係数の原因は需要の正方向へのシフトが存在であると結論付けている。

この研究は、ヘドニック関数の特定の特性に対する限界価格について注目し、さらに経済学的な仮定を置くことで従来では説明しきれなかった限界価格の時系列な動きを上手く説明しようとしている点で興味深い。

5.2 不確実性と情報の導入

[Kask and Maani(1992)] は、従来から研究されてきた不確実性を考慮に入れたヘドニック分析を行っている。なお、不確実性を考慮に入れたヘドニック分析とは効用関数に NM 効用関数を仮定する方法で、例えばそれを利用した方法の 1 つに、[Viscusi(1993)] で紹介されている「高度な労働にはその度合いに応じてその対価として高い賃金が支払われる」、「リスクが高かったりつまらない仕事についての賃金は割高になる」といった考え方のもとで構築されるヘドニック賃金モデルがあげられる。この分析は、賃金にその仕事の特性やリスクを回帰することで得た式をもとに「生命の価値」や「環境の価値」などを計算することなどを目的としており、特に生命の価値の測定においては重要な分析である。

そのなかで彼は特に情報の差異による危険を示す客観的確率の変動やそれにより推定に生じるバイアスに注目した。彼らは、不確実な状況においては不確実性が無い状況では発生しない様々な可能性、例えば価値があるにもかかわらず情報の不足の為に価格が 0 になるケースやたとえ価格が正に推定されても価値があるが情報が完全でないのでバイアスが生じるケースの考慮を提唱した。そして、その具体例として情報の変動を考慮に入れたパイプラインに関するモデルを彼らは示している。そして、彼らはこの分野の分析はまだ発展途上であり多くのアプローチがあることを踏まえたうえで、閾値モデルやベイジアンモデルが彼らの研究によると支持できるのではないかと示唆している。

5.3 従来のヘドニック分析への反省

[Dickie *et al.*(1997)] では、コイン市場という一風代わった市場において様々な分析を行っている。「コインの価格はおよそ年代の古さに依存する」、この考えのもとでコインの製造年を説明変数として価格に回帰した式をまず立てている。次に、それだけでなくその他の「汚れ」なども特性として捉えたうえでヘドニック関数を定式化している。そして、始めに立てた式を帰無仮説とし、対立仮説としてヘドニック関数をおきF検定をおこなっており、その結果としてヘドニック関数が選択されないことを示している。この結果はコイン市場特有のものである可能性があり一般化して捉えることは出来ない、と筆者は注意した上で筆者はコイン市場のような市場では財の特性に対してではなく、財そのものに対して需要を持っている可能性があり更なる研究が必要である、と述べている。

さらに、この分析では対数線形関数などを帰無仮説とし Box-Cox 関数を対立仮説とした入れ子型の検定は、対立仮説に非入れ子型のモデルをたてた場合に比べ帰無仮説を棄却する力が弱い、という点で「弱い」検定である、ということを実証面から示唆しており、この点でも注目すべき研究である。

この研究は従来のヘドニック・アプローチの限界の可能性を示唆しているという点で興味深い研究ではあるが、いかにせん扱っている市場が特殊であるのでその結論を信頼付ける為にはさらなる研究が必要だろう。

5.4 より一般的なモデルとしてのセミパラメトリック法

[Anglin(1996)] は、従来のパラメトリック分析で最も有用である 1 次 Box-Cox 関数について背後にある「暗黙の仮定」について指摘し、同時にノンパラメトリック分析もアプリアリであり望ましい特定化で無い例としてあげている。そして、その対案としてノンパラメトリック分析にパラメトリック項を導入して行われたセミパラメトリックを一般的なモデルとして提唱した。そして、その方法が実際にパラメトリック分析（ここでは対数線形関数）よりも良い結果をもたらすことを住宅価格関数を推定し示した。なお、その判断としては帰無仮説に対数線形関数、対立仮説にセミパラメトリックモデルを考えたハウスマン検定をおこなっており、ここでは帰無仮説が棄却されるという結果が得られている。

さらに、この分析ではセミパラメトリックモデルのほうが信頼区間が狭く、より精度の高い予測が可能である、ということが述べられている。しかしながら、論文では帰無仮説に用いられた対数線形関数そのものが一般的なパラメトリックモデルの代表としてはたして適切であったのか、ということに若干の疑問符がついており、したがってこの結論はその点では見た目程強い結果ではないかも知れない。ただ、それでもこの研究はさらなるモデルの一般化の可能性を示唆した研究としては充分意義あるものであろう。

5.5 ベイジアン推定の利用

[Gilley and Pace(1995)] では、住宅市場における不等号制約を用いたベイジアン推定を行っている。この推定方法は、ヘドニック分析の際によく生じる多重共線性などの重大な問題を避ける方法として有効なものであると述べられている。

分析で用いられる事前情報には経済変数の非負性に加え部分市場からの情報も用いて上限の不等号制約を得るなど多くの制約が用いられており、より精度が高めることが可能であるとされている。そして、実際にこれらの事前情報を持ちて真の値と比較して実験を行ったところ単純最小二乗法で推定された値よりも、モンテカルロ法で計算されたベイジアン推定の結果のほうが、57%程よいという結果が出ている。さらに、結論において筆者は自動車市場などのヘドニック・アプローチでよく分析対象とされる別の市場でも事前情報は利用可能であり、このような分析は可能であるとしている。

計算速度が高速化してきた現代においては、1つの方法としてこのようなアプローチも益々有用となっていくであろう。

5.6 カオスの可能性を考慮した検定

[Craig *et al.*(1991)] では、ミクロ経済学モデルで利用されるミクロデータに存在する非線形構造の問題の対処としてカオス理論の応用が有効であるとしている。彼らは、従来あったBDS検定を改良することで、以前では不可能であったこのような分析が可能となったことを強調しているが、その改良されたBDS検定とは推計の残差についてシステマティックな非線形的構造があるかどうか、つまり残差がiidでないかどうかを検定するという方法である。彼らは、推定式について特定化のミスがあったり変数の取り落としがあったりした場合にはBDSの統計量が0と有意に異なると述べており、仮にそのような状況下ではモデルから除外された情報がモデルの情報に影響を与えていることになるとしている。

そして、彼らは実際に分析された住宅に関するヘドニック関数の過去の研究にそれを応用し非線形構造の発見、モデルの再特定化を行って、特定化の問題を取り除いたより良いモデルを作り出している。しかしながら、彼らの再特定化の方法は高次、交差の説明変数を新たに導入するというRESETテスト的な方法であり、それ自体には独創性は無い。ただ彼らはこの方法は変数を1つずつ増やして検定をおこなえることから、この検定はF検定などのほかの検定よりは便利な、適切な再特定化における「ストップピング・ルール」として有用な方法だと主張している。

5.7 市場支配力への応用

[Taylor and Smith(2000)] は、観光地特有のアメニティが製品差別的な市場支配力の源泉となりうることを述べた。そして、推定されたヘドニック価格（地代）関数と残余需要モデルの推定値より市場支配力の指標として企業ごとのマークアップ率を求め、そしてそれをビーチのアクセスについての限界価値の推定に用いている。そして、実証分析によりアメニ

ティが市場支配力の源泉として効果があることを示した。

こういったアプローチは産業組織論と環境評価法の融合ともいえる研究であり、これからのさらなる研究に期待したい。

6 結論

ヘドニック・アプローチについての様々な研究を見てきたが、概していえることは、ヘドニック・アプローチは理論的には脆弱な要素を多々抱えておりその利用には様々な仮定が必要となることが明らかになってきた一方で、製品の特性に注目した「ヘドニック的方法」は実証研究では価格評価だけでなく差別化を考慮した一般的な経済モデルなど多くの分野において利用されるようになってきたということである。

しかし、環境評価の分野をはじめ、様々な分野で様々な手法が開発されていく中でヘドニック・アプローチそのものについての理論的研究は先端分野では次第に見られなくなっている。また、[宮本 (1989)] で述べられている、環境の価値や生命の価値を貨幣で計ること自体の倫理的問題、その不可能性（「代替」できるものが無い場合にはどうやって評価する？）や、[岡 (1997)] 等にあるように、期待効用理論の公理の HIA は脆弱であるのでそれを前提とした貨幣評価法も理論的に問題がある、など様々な批判が近代経済学の内外を問わず強く存在する。

しかしながら、貨幣で計ることは絶対的な基準としてでなく「一つの指標」として見る、理論における強い仮定は出来るだけ緩め、それでも残るアプリオリな仮定はある程度仕方ないものだとして妥協するならば、その分析の手軽さ、統計的な研究の積み重ねの多さや応用範囲の広さにより、確立された「1つの方法」としては今後も実証の分野では存在感をもっていくだろう。

参考文献

- [浅野・中村 (2000)] 浅野哲・中村二郎 (2000) 『計量経済学』有斐閣
- [岡 (1997)] 岡敏弘 (1997) 『厚生経済学と環境政策』岩波書店.
- [コルスタッド (2001)] C.D. コルスタッド (2001) 『環境経済学入門』有斐閣.(邦訳)
- [白塚 (1995)] , 白塚重典 (1995), 「自動車価格の変動と品質変化」, 『金融研究』, 第 14 巻 3 号, pp.77-120.
- [ターナー *et al.* (2001)] R.K. ターナー *et al.* (2001) 『環境経済学入門』東洋経済新報社.(邦訳)
- [蓑谷 (1996)] 蓑谷千鳳彦 (1996) 『計量経済学の理論と応用』日本評論社 .
- [宮本 (1989)] 宮本憲一 (1989) 『環境経済学』岩波書店 .

- [ヨハンソン (1994)] P.O. ヨハンソン (1994) 『環境評価の経済学』 多賀出版.(邦訳)
- [Anglin(1996)] Anglin, Paul M.(1996), "Semiparametric Estimation of a Hedonic Price Function," *Journal of Applied Econometrics*, 11(6), pp.633-648.
- [Bartik(1988)] Bartik, Timothy J.(1988), "Measuring the Benefits of Amenity Improvements in Hedonic Price Models," *Land Economics*, 64(2), pp.72-83.
- [Berry *et al.*(1995)] Steven Berry, James Levinsohn and Ariel Pakes(1995), "Automobile Prices in Market Equilibrium," *Econometrica*, 63(4), pp.841-890.
- [Bresnahan(1987)] Bresnahan, Timothy F.(1987), "Competition and Collusion in the American Automobile Industry: The 1955 Price War," *Journal of Industrial Economics*, 35, pp.457-482.
- [Brookshire *et al.*(1981)] Brookshire, D. S., D'Arge R. C., Schulze, W. D. and Thayer, M. A.(1981), "Valuing Public Goods: A Comparison of Survey and Hedonic Approaches," 72(1), pp.165-177.
- [Brown and Rosen(1982)] Brown, James N. and Rosen, Harvey S.(1982), "On the Estimation of Structural Hedonic Price Models," *Econometrica*, 50(3), pp.765-768.
- [Chattopadhyay(2000)] Chattopadhyay, S.(2000), "The effectiveness of McFaddens's nested logit model in valuing amenity improvement," *Regional Science and Urban Economics*, 30(1), pp.23-43.
- [Clapp and Giaccotto(1998)] Clapp, J. M. and Giaccotto, C.(1998), "Residential hedonic models: A rational expectations approach to age effects," *Journal of Urban Economics*, 44(3), pp.415-437.
- [Court(1935)] Court, Andrew T.(1935)"Andrew Court Papers, 1930-1966," Wayne State University, Box 1, materials from 1935.
- [Craig *et al.*(1991)] Craig, Steven G., Kohlhase, Janet E. and Papell, David H. (1991), "Chaos Theory and Microeconomics: An Application to Model Specification and Hedonic Estimation," *Review of Economics and Statistics*, 73(2), pp.208-215.
- [Cropper *et al.*(1988)] Cropper, Maureen L., Deck, Leland B. and McConnell, Kenneth E.(1988), "On the Choice of Functional Form for Hedonic Price Functions," *Review of Economics and Statistics*, 70(4), pp.668-675.
- [Diamond and Smith(1985)] Diamond, D. B. Jr. and Smith, B. A. (1985), "Simultaneity in the Market for Housing Characteristics," *Journal of Urban Economics*, 17, pp.280-292.

- [Dickie *et al.*(1997)] Dickie, Mark, Delorme, Charles D. Jr. and Humphreys, Jeffrey M.(1997), "Hedonic Prices, Goods Specific Effects and Functional Form: Inferences from Cross Section Time Series Data," *Applied Economics*, 29(2), pp.239-249.
- [Freeman(1979)] Freeman, A. M.(1979), "Hedonic Prices, Property Values and Measuring Environmental Benefits," *Scandinavian Journal of Economics*, 81, pp.155-173.
- [Giannias(1996)] Giannias, Dimitrios A.(1996), "A Structural Approach to Hedonic Equilibrium Models," *Economic Notes*, 25(3), pp.499-513.
- [Gilley and Pace(1995)] Gilley, Otis W. and Pace, R. Kelley(1995), "Improving Hedonic Estimation with an Inequality Restricted Estimator,," *Review of Economics and Statistics*, 77(4), pp.609-621.
- [Goodman(1998)] Goodman, Allen C.(1998), "Andrew Court and the Invention of Hedonic Price Analysis," *Journal of Urban Economics*, 44(2), pp.291-298.
- [Greene(1997)] Greene, William H.(1997), *Econometric Analysis -3rd edition-*, Prentice-Hall.
- [Griliches(1971)] Griliches, Z.(1971), *Price Indexes and Quality Change: Studies in New Methods of Measurement*, Harvard Univ. Press, Cambridge, MA.
- [Halvorsen and Pollakowski(1981)] Halvorsen, Robert and Pollakowski, Henry O.(1981), "Choice of Functional Form for Hedonic Price Equations," *Journal of Urban Economics*, 10(1), pp.37-49.
- [Harison and Rubinfeld (1978)] Harison, D. and Rubinfeld, D. L.(1978), "Hedonic Housing Prices and the Demand for Clean Air," *Journal of Environmental Economics and Management*, 5, pp.80-102.
- [Kask and Maani(1992)] Kask, S. B. and Maani, S. A.(1992), "Uncertainty, Information, and Hedonic Pricing," *Land Economics*, 68(2), pp.170-184.
- [Lucas(1976)] Lucas, Robert. E. (1976), "Econometric Policy Evaluation: A Critique," *Carnegie-Rochester Conference Series on Public Policy*, 1, pp.19-46.
- [McConnell and Phipps(1987)] McConnell, K. E. and Phipps, T. T.(1987), "Identification of Preference Parameters in Hedonic Models: Consumer Demands with Nonlinear Budgets," *Journal of Urban Economics*, 22(1), pp.35-52.
- [McFadden(1978)] McFadden, D.(1978), "Modelling the Choice of Residential Location," in *Spatial Interaction Theory and Planning Models*, North Holland, pp.75-96.

- [Michaels and Smith(1990)] Michaels, R. Gregory and Smith, V. Kerry(1990), "Market Segmentation and Valuing Amenities with Hedonic Models: The Case of Hazardous Waste Sites," *Journal of Urban Economics*, 28(2), pp.223-242.
- [Palmquist(1988)] Palmquist, Raymond B.(1988), "Welfare Measurement for Environmental Improvements Using the Hedonic Model: The Case of Nonparametric Marginal Prices," *Journal of Environmental Economics and Management*, 15(3), pp.297-312.
- [Palmquist(1991)] Palmquist Raymond B.(1991), "Hedonic Methods," in *Measuring the Demand for Environmental Quality*, North Holland, pp.77-120.
- [Rosen(1974)] Rosen, Sherwin(1974), "Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition," *Journal of Political Economy*, 82(1), pp.34-55.
- [Taylor and Smith(2000)] Taylor, L. O. and Smith, V. K.(2000), "Environmental amenities as a source of market power," *Land Economics*, 76(4), pp.550-568.
- [Viscusi(1993)] Viscusi, W. Kip.(1993), "The Value of Risks to Life and Health," *Journal of Economic Literature*, 31, pp.1912-1946.