

「ヘドニック法による環境質の評価： 大気質を中心としたサーベイ」

藤 井 仁

1. はじめに
2. ヘドニック法の理論的モデルと実証分析への適用
 - 2.1 ヘドニック法の理論的フレームワーク
 - 2.2 ヘドニック法を用いた実証分析の問題点
3. ヘドニック法による実証研究の結果
 - 3.1 ヘドニック法による環境質評価の概観
 - 3.2 ヘドニック法を用いた先行研究の評価
 - 3.3 先行研究の問題
 - 3.4 今後のヘドニック法の展開
4. おわりに

1. はじめに

本稿の目的は、大気質を中心とした環境質の経済的評価に関する研究、なかでもヘドニック法を用いたものについて俯瞰し、その歴史的経緯、今後の方向性、課題などを取りまとめることである。

ここで用いられている環境質とは、大気・水質汚染、騒音などの公害や、眺望や景観等の生活に関するアメニティを代表例とする外部性の総称である。大気質はその中でも大気にまつわるものを指す。前述の多様な環境質を経済的に評価する研究は、70年代初頭からさかんになされており、アメリカでは環境省がデータベース化するほどの蓄積がある。なかでも大気質は、広範囲な汚染源、被汚染源をもち、汚染水準ごとのコスト・ベネフィットが計測しづらく、最適な水準が決定し難いこと、その影響が甚大であるにもかかわらず、十分な政策的対応がなされていないこと、現存の研究成果も政策決定の判断材料となるには到っていないことなどから注目すべき評価対象であるといえる。

この、大気質の経済的評価に関して、大きな役割を果たす可能性を持っているのがヘドニック法である。この手法は経済主体が実際に取り引きした財の価格から間接的に環境の価格を求める顕示選好法の一つであり、客観性、信頼性に優れている。アンケート調査によって環境の経済的評価を直接問う表明選好法（CVM, コンジョイント分析など）は高い汎用性を持つが、ヘドニック

法ほどの客観性がなく手法上のミスが大きなバイアスを生みやすい。

ヘドニック法は、ある財を多様な属性（快適性、利便性など）の集合体と考え、それらの属性を経済的に評価する。パソコンを例にとると、パソコンは演算能力、グラフィック表示能力、商品デザイン等の属性が組み合わさってできた財であると考えて、その中から個別要因の価値を測る。ヘドニック法を用いて、市場財・非市場財のもつさまざまな特質を経済的に評価した研究は古い歴史を持ち、多くの適用例がある。

ヘドニック法を環境評価に適用する場合、地価・住宅価格・家賃などのデータを利用して、それらの中に含まれる環境の経済的価値を計測する。住宅は、居住性、安全性、そして地域の環境等の、多様なサービスの複合財であると捉え、その中から環境の価値のみを取り出す。それがその地域の環境の価値であると考えられる。

このような研究においては、地価および環境質のデータが豊富であることが肝要である。日本においては地価・環境質データが豊富に存在するため、ヘドニック法が活用できる範囲は広い¹⁾。現にヘドニック法は、環境質データが入手しやすい状況下においては、さまざまな環境問題に適用されている。

また、ヘドニック法で計測した大気質に関する環境の価値は、地域間や異時点間で比較が容易である。大気質の問題は、近年の二酸化炭素による地球温暖化や窒素・硫黄酸化物による酸性雨の問題を鑑みても、地球規模の環境問題である。そういう問題に分析のメスを入れるためには、客観的に比較可能な尺度が必要である。

これらの特徴を認識した上で、ヘドニック法による大気質の価値評価に関するサーベイを行う。本稿の構成は以下の通りである。まず2.1では、ヘドニック法の理論的な枠組みを明らかにする。2.2ではヘドニック法を適用した実証分析の留意点について簡単にまとめる。3.1では、ヘドニック法を用いた大気質（騒音なども含む）の研究を統計的な視点から概観し、3.2ではそれらの実証結果の評価をする。3.3では、先行研究について筆者が問題とする点を挙げたうえで、ヘドニック法の理論的展開について論じ、3.4ではその適用方法の展開について述べる。そして、最後にこれらを集約しまとめとする²⁾。

2. ヘドニック法の理論的モデルと実証分析への適用

2.1 ヘドニック法の理論的フレームワーク

ヘドニック法を用いた回帰分析は Court (1939) や Griliches (1961) によって発展を遂げた。商品の価格はさまざまな品質や特性の関数であると考え、多様なモデルで回帰式を組み立てた。このような形の実証分析を、生産者、消費者の双方を視野に入れた均衡論の形で理論づけたのが Rosen (1974) である。この研究によってヘドニック法の基本的なフレームワークが完成した。その後、Rosen モデルは Roback (1982) によって労働市場が組み入れられて一般化された。また、それらのモデルは多くの研究者によって時間の概念などが付加され、さらなる発展を遂げた。

この節では理論的な根幹を成す Rosen モデルと、その派生であるいくつかのモデルについて、

理論的な枠組みを明らかにする³⁾。

(1) Rosen モデル

この章では、ヘドニック法の理論的な基礎を完成させた Rosen (1974) のモデルを提示する。

ヘドニック法において商品は、快適性、利便性、デザインなどのさまざまな属性によって構成されていると考える。商品を構成するこれらの特性を z_1, z_2, \dots, z_n とすると、商品は特性ベクトル $Z = z(z_1, z_2, \dots, z_n)$ で表すことができる。商品が持つこれらの特性は市場で価格付けされる。その時、商品の価格関数は $P = P(Z)$ と表される。消費者は、価格に関する完全な情報を前提に、これらの属性の異なった組み合わせを自由に選択できるものとする。つまり消費者は以下の問題に直面していると考えられる。

$$\text{Max. } U(x, Z) \quad (1)$$

$$\text{s.t. } y = x + p(Z) \quad (2)$$

ここで x は他のすべての消費財 (価格は1)、 y は所得を表す。(1), (2)式より、効用最大化のための一階の条件を導出すると以下ようになる。

$$\partial P / \partial z_i = p_i = U_{z_i} / U_x \quad (i = 1, \dots, n)$$

ここで、Rosen は付け値関数 (bid function) という概念を導入した。この関数は、ある一定の効用水準上で、異なる z_1 の水準に対して消費者が支払える最大価格を表す関数である。付け値関数は以下の形で表される。

$$\theta = \theta(Z; u, y)$$

z_1 以外の特性は一定であるという条件の下で、付け値関数を θ 、 z_1 平面に描いたものが、以下に示す図1である⁴⁾。

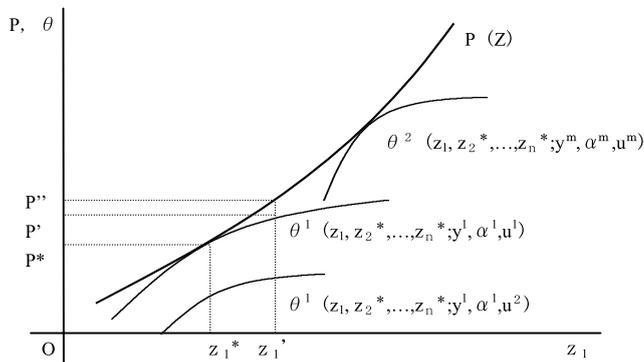


図1 市場価格関数と付け値関数

市場価格曲線と付け値価格曲線が接する最適解では、以下の関係が成り立つ。

$$\theta(Z^*; u^*, y) = P(Z^*)$$

$$\theta_i(Z^*; u^*, y) = P_i(Z^*) \quad (3)$$

(3)式は、限界的な付け値が市場価格と一致することを表す。非限界的な場合はこのような一致は見られない。図1において、環境質 z_1 が z_1^* から z_1' に変化したとしよう。この場合、消費者の付け値は $p' - p^*$ で表される。しかし、市場価格は $p'' - p^*$ であらわされ、市場価格の変化 > 付け値の変化となる。つまり、市場価格を付け値として用いると過大評価となる。

また、図1には効用水準の異なる付け値関数も描かれている。上方に描かれた $\theta_1(U_1)$ は効用水準が低く、下方に描かれた $\theta_1(U_2)$ は効用水準が高い。下方に描かれた付け値関数は、上方に書かれているものと同じ水準の環境質を得つつ低い付け値を支払っているため、より高い効用が得られる。

図1の θ_1 と θ_2 は、嗜好と所得の異なる消費者の付け値関数を表している。数式において嗜好は α という変数で表現されている。図1に明らかなように、市場価格関数は市場における多様な消費者の付け値関数の包絡線となる。

商品を生供給する側の行動も類似した手法で表現できる。特性ベクトル Z の商品の供給数が $M(Z)$ であらわされ、その費用が $C(M, Z; \beta)$ で表されるとする(ここでベータは各企業が持つ固有の条件—技術などを表す)。ここで、利潤関数 $\pi = Mp(Z) - C(M, Z; \beta)$ を最大化する M と Z の最適水準は以下の式を満たす。

$$P_i(Z) = C_{z_i}(M, Z; \beta) / M$$

$$P(Z) = C_M(M, Z; \beta)$$

ここで、消費者側の理論と同様に、供給者側にオファー関数を設定する。オファー関数は、一定の利潤と各社がもつ技術条件の下で、異なる水準の z_1 に対し提示できる最低金額を表す。オファー関数は以下の形を取る。

$$\phi = \phi(Z; \pi, \beta)$$

オファー関数と市場価格関数が接し、実現可能な価格 P と供給者のオファー価格 ϕ が一致する状況下で供給者は利益を最大化する。このとき、以下の式が成り立つ。

$$\phi = (Z^*; \pi, \beta) = P(Z^*)$$

$$\phi_i = (Z^*; \pi, \beta) = P_i(Z^*) \quad (4)$$

これを図で表すと以下のようになり、市場価格関数は、オファー関数と付け値関数の双方の包絡線となる。

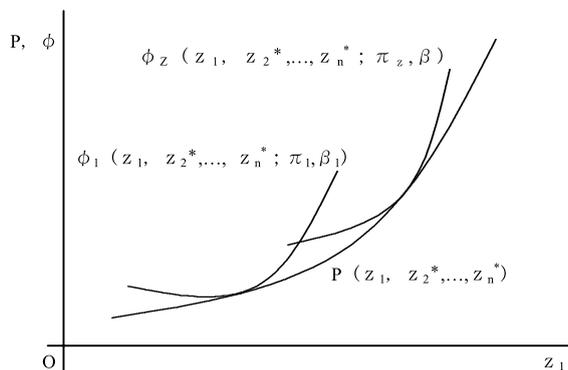


図2 オファー関数と市場価格関数

以上がヘドニック法の理論的なフレームワークである。これを環境評価に適用する場合は、住宅や土地等を適用対象とすることが多い。住宅はアメニティ、アクセシビリティ、環境などの属性によって構成されていると考え、環境に関する属性の付け値によってその地域の環境を評価する。

住宅に適用した場合の具体的な推定方程式の例として、(3)式のヘドニック価格関数を線形で特

定化したケースを以下に挙げる⁵⁾。

$$Y_{it} = \beta_0 + \beta_1 H_{1it} + \beta_2 H_{2it} + \theta_t M_{it} + \alpha_i + u_{it} \quad (i=1, \dots, N, t=1, \dots, T) \quad (5)$$

ここで、添字 i は地域番号、 t は時間を表す。 β 、 θ はパラメータ、 Y_{it} 、 H_{1it} 、 H_{2it} 、 M_{it} はそれぞれ住宅価格 (もしくは住宅の賃貸料や維持コスト)、時間によって変化する住宅属性、時間によって変化しない住宅属性、汚染水準をあらわす。 α は観測しにくい個人的な変数、 u_{it} は確率的な誤差項である。推定方程式は(5)式や対数線形のような単純な関数形をとるケースばかりではない。推定式の当てはまりをよくするために Box-Cox 変換し、いくつかの変数のみが対数値をとるような形もしばしば用いられる。

(2) Rosen モデルの派生

Rosen モデルで住宅に関するクロスセクションデータを取り扱う場合、観測しづらい消費者の個人的な変数が他の変数と相関を持ち、OLS 推定値がバイアスを持つことがある。このバイアスを緩和する方法の一つとして、ファーストディファレンスモデルがある。このモデルでは各変数を「ある一時点での変数の値」ではなく、「変数が時間にもなって変化した量」に置き換える。そうすることによって、時間によって変化しない α を変数から取り除き、上記の問題を解決する。 $S=T+1$ とすると、ファーストディファレンスモデルは以下ようになる。

$$\Delta Y_{ist} = \beta_{1s} H_{1is} - \beta_{1t} H_{1it} + (\beta_{2s} - \beta_{2t}) H_{2it} + M_{is} \theta_s - M_{it} \theta_t + \Delta u_{ist} \quad (i=1, \dots, N, t=1, \dots, T)$$

ここで Δ は T 期と S 期の差分をあらわす。

α がモデルからなくなったことに留意されたい。なぜなら、 α はどの時点でも不変だからである。この結果、 α と他変数の相関によって生じるバイアスの問題は解決される。

住宅の特性を分析する文献においてよく用いられるリピートセールスモデルは、ファーストディファレンスモデルを単純化したものである。このモデルは、Palmquist (1982)、Mendelsohn (1992) らによって用いられ、なかでも Parsons (1992) はこのモデルによって環境の変化の影響を評価した。リピートセールスモデルにおいては、切片を除くすべてのパラメータは一定と考えられ、ファーストディファレンスモデルは以下のように単純化される。

$$\Delta Y_{ist} = \beta_1 \Delta H_{1ist} + \theta \Delta M_{ist} + u_{ist}$$

パラメータが異時点間で一定であるという仮定によって、 H_{2it} のような、時間によって変化しない住宅・近隣属性は不要となる。よってこのモデルは、標準的なモデルほど情報を必要とせず、推定も容易である。リピートセールスモデルの問題点は、異時点間における外生的な汚染価格の変化が必要になることである。しかし、リピートセールスモデルは一部の係数を不変と仮定しているため、理論的な要請を満たす時期のデータは価格の変化に乏しくなりがちである。また、Meese, Wallace, and Dombrow (1997) が指摘したように、リピートセールスモデルは、係数が異時点間で変化する時バイアスを生じる。これらの問題点が、リピートセールスモデルの信頼性を低めている。さらに付け加えると、ファーストディファレンシャルモデルは純粋な意味でヘドニック法といえないことに留意しておく必要がある。

2.2 ヘドニック法を用いる際の留意点

この節では、Rosen (1974) の提唱した理論を実証分析に適用する上で生じた計量経済学上の問題に着目する。過去の研究で問題になった点を以下に列挙する。

(1)データのサンプリングと加工

ヘドニック価格関数の推定において、データに要求される条件をまとめると以下のようになる。

- (a) 必要な変数を網羅すること。
- (b) 新規住宅市場と中古住宅市場のデータを混在させないこと。
- (c) データに十分な変動が見られること。
- (d) 複数の独立した地域からデータを取ること。
- (e) 各汚染変数の多重共線性に対処すること。

このうち(a)に関しては、変数の精度を上げる、適切なダミー変数を用いる、ダミーで処理できない地域限定の影響がある場合はデータを取る範囲を狭めるなどの操作が必要となる。

(b)に関しては、本来は更地のデータを用いることが最も望ましい。しかし、現実的には更地のみで大量のデータを収集することは困難である。よって、住宅が建てられている土地のデータを用いるしかない。住宅付きの土地のデータを扱う場合は、新規・中古の区分だけではなく、中古住宅市場でも、複数回売られた住宅とそうでない住宅を区分する必要がある。

(c)に関しては、汚染水準の変動幅が小さい時期の分析をする場合に配慮が求められる。異時点間での変動がない場合は、地域間で汚染水準に幅を持たせるサンプリングが望ましい。この点では(d)とも関連し、複数の都市を選択する際の基準の一つとなる。

(d)に関しては、複数市場からデータが得られた場合と、単一市場からしかデータが得られなかった場合で異なる配慮が必要になる。前者の場合、データの区分けに際して、環境特性や地域特性が同質な地域ごとにデータを区分けする必要がある。異なる地域を一まとめにしてヘドニック関数を推定すると、定数項に現れるべき地域間の差が、推定すべきパラメータに影響を及ぼし、満足すべき結果が得られない。単一市場をデータセットとして推定を行う場合は、識別問題が生じること、非限界的なWTPの評価が不可能になることなど、より多くの問題が生じる。この問題を解消するためには、関数形に制約をおくなどの対処が必要になるが、Rosenは理論上そのような制約をおいておらず、推定結果にバイアスを生じさせる危険性がある。Rosen自身が強調していたように、複数市場からデータを入手することが最良である。

(e)の問題を解消するためには、TSP (Total Suspended Particulate ; 粉塵) なら TSP, NO_x なら NO_x だけというように単一の汚染物質を変数としてあつかう方法と、複数の汚染物質から汚染INDEXを作成する方法がある。前者の方法の問題は、単一の汚染物質を変数としても、その係数は当該汚染物質の影響のみを表しているとはいえないことである。例えば TSP のみをヘドニック関数に含めたとする。その場合、TSP (粉塵) の係数は TSP の影響のみを表すものではなく、NO_x や SO_x などを含めた、全体的な大気汚染の影響を表すものになってしまう。TSP (粉塵) の影響のみに注目する場合は他の変数の影響を取り除く必要がある。また、一汚染源を大気汚染の代表として考える場合は、どの汚染源が最も大気汚染として代表的なものなのか、慎重に⁶⁾選択する必要がある。

(2)関数形

ヘドニック価格関数の関数形には、線形、対数線形、Semi-Log、トランスログ型、Box-Cox 変換を用いた関数形などが採用されてきた。この中からどの関数形を用いるのがもっとも好ましいかについて明白な結論はまだ出されていない。環境質の推定に関しては Cassel and Mendel-

son (1985) は、関数の当てはまりよりも汚染変数のパラメータが重要なのであれば、単純な関数形を用いたほうが好ましいという結果を導出している。

(3) 付け値関数の推定

付け値関数の推定に際しては、ヘドニック価格関数の推定と理論上の整合性を持たせることが要求される。

例えば、単一市場のデータから線形のヘドニック価格関数を推定したとき、付け値関数は線形に特定化できない。この場合、ヘドニック価格関数と付け値関数が完全に一致することになるからである。

複数市場からデータを取った場合においても、付け値関数の推定には幾つかの注意が必要となる。汚染の限界価格関数が一定でない場合、消費者は各特性の価格と量を同時に決定する必要がある、MWTP 関数の OLS による推定は妥当性を持たなくなる。このような場合には 2SLS による推定が望ましい。付け値関数の変数と相関を持たない変数を操作変数として用いれば、より稠密な推定が期待できる。

以上が主要な推定上の留意点である。現在までの実証研究が、どこまでこれらの問題点に対処してきたかについては、3.2で詳述する。

3. ヘドニック法による実証研究の結果

3.1 ヘドニック法による環境質評価の概観

ヘドニック法によって大気質の評価をした研究は、アメリカだけで50を超える。大気質の環境

表1 アメリカにおける大気質の評価結果

	データ年	環境質	対象地域	関数形	パラメータ	t 値
Chattopadhyay (1999)	1989	硫黄	Chicago	Box-Cox	-550.000*	5%有意
Chattopadhyay (1999)	1989	粉塵	Chicago	Box-Cox	-116.000*	0.1%有意
Harrison and Rubinfeld (1987)	1970	NOx	Boston	Semi-Log	-0.006*	-5.640
Harrison and Rubinfeld (1987)	1970	粉塵	Boston	Semi-Log	-0.051*	-7.990
Graves, et al. (1988)	1979	粉塵	California	Semi-Log	-0.100*	-13.510
Anderson and Crocker (1971)	1966	SOx	Washington	Semi-Log	0.001	0.037
Anderson and Crocker (1971)	1961	SOx	Kansas	Semi-Log	-0.065*	-2.080
Anderson and Crocker (1971)	1968	SOx	St. Louis	Semi-Log	-0.041	-1.342
Anderson and Crocker (1971)	1966	粉塵	Washington	Semi-Log	-0.170*	-3.336
Anderson and Crocker (1971)	1961	粉塵	Kansas	Semi-Log	-0.064*	-2.210
Anderson and Crocker (1971)	1968	粉塵	St. Louis	Semi-Log	-0.063	-1.723
Ridker and Henning (1967)	1960	SOx	St. Louis	線形	-186.500*	-2.029
Zabel and Kiel (2000)	1989-91	NOx	Chicago	線形	-105.087*	-3.492
Zabel and Kiel (2000)	1989-91	SOx	Chicago	線形	-50.509	-0.956
Zabel and Kiel (2000)	1989-91	粉塵	Chicago	線形	731.040	2.735
Zabel and Kiel (2000)	1989-91	オゾン	Chicago	線形	-352.369	-1.392
Nelson (1978)	1970	OXIDANT	Washington	対数線形	-0.017	-1.700
Nelson (1978)	1970	粉塵	Washington	対数線形	-0.093*	-3.444

※*印は5%有意で、かつ符号条件を満たしているものである。

評価に関する代表的な研究結果は表1, 2に記したとおりである⁷⁾。

上記の推定結果は、本稿で取り上げた論文の、環境評価に関する部分の推定結果である。この表では、各論文の著者が推定したモデルの中で、最も当てはまりの良い結果のみを抜き出してある。この表で把握できる傾向は、以下のとおりである。(1)関数形は単純なものが主になっている。この結果は Cassell and Mendelson (1985) のものと齊合的である。(2)推定結果は、t 値や符号条件を満たしていないものが多く見られる。例えば Zabel and Kiel (2000) が推定した80通りの推定式のうち、汚染に関する係数がt 値と符号条件を満たしていたケースは15%ほどに過ぎない(表中では研究結果の一部のみを掲載した)。

表2 TSP (粉塵) に対する MWTP⁸⁾

著者	データ年	場所	MWTP 最低値	MWTP 最高値
McDonald (1980)	1970	Chicago	-239.8	159.8
Palmquist (1982)	1977	20都市	-89.5	108.9
Palmquist (1983)	1977	20都市	-76.1	98.5
Anderson & Crocker (1971)	1960	Washington	-4.9	169.3
Berry (1976)	1968	Chicago	-1.4	
Nelson (1978)	1970	Washington	0.0	1522.0
Palmquist (1984)	1977	20都市	0.4	173.7
Li & Brown (1980)	1971	Boston	2.7	10.8
Zabel & Kiel (2000)	Panel	Chicago 等 4 都市	2.8	-0.1
Anderson & Crocker (1971)	1960	Kansas City	16.4	31.6
Anderson & Crocker (1971)	1960	St. Louis	17.0	32.7
Krumm (1980)	1971	Chicago	29.0	
Polinsky & Rubinfeld (1977)	1960	St. Louis	35.7	37.9
Soskin (1979)	1970	Washington	73.9	
Smith (1978)		Chicago	116.0	138.1
Brucato et al. (1990)	1972	Los Angeles	140.7	190.6
Brookshire et al. (1982)	1977	Los Angeles	149.2	
Apple (1980)	1970	New York	159.0	191.3
Bender et al. (1980)	1970	Chicago	159.8	234.0
Sudip Chattopadhyay (1999)	1989-90	Chicago	268	363
Atkinson & Crocker (1982)	1964	Chicago	366.2	
Brucato et al. (1990)	1978	San Francisco	500.2	
Jackson (1979)	1970	Milwaukee	551.4	
Brookshire et al. (1979)	1977	California	577.2	
Egan (1973)	1960	Hartford	1612.0	1807.0

アメリカの研究では、TSP (粉塵) を対象にしたものが多いため、ここでは TSP に対する MWTP を表にした。この表は MWTP の最低額で昇順にソートしたものである。

各計測結果が大きくなばらつきを持つことは一瞥して明らかである。Smith and Huang (1995) の結果によると、50を超える推定結果の四分位点は0から98.52ドルにわたっている。平均値は22.4ドル、中央値は平均値の5倍近い値の109.9ドルとなっている。また、Smith and Huang

(1995) は TSP の係数を推定する際に以下の条件を満たすことで係数の値が変化することを明らかにした。ヘドニック価格関数内の変数の数を増やし、関数形に線形、対数線形、Semi-Log 形のいずれかを選択した場合、汚染変数の係数は過大に評価される傾向がある。逆に、TSP 観測値の第二最高値が高く、OLS で回帰をすれば、係数は低く評価される。

表3 日本における大気質の評価結果⁹⁾

	データ年	環境質	対象地域	関数形	パラメータ	t 値
森杉・宮武・吉田 (1980)	1976	騒音	伊丹市等	線形	-0.767	1.62
岩田・浅田 (1985)	1983	騒音	伊丹市等	対数線形	-0.318*	-2.42
岩田・浅田 (1985)	1983	騒音	伊丹市等	Semi-Log	-38.39	-1.36
金本・中村・矢澤 (1989)	1987	NO ₂	東京都	Box-Cox	0.251	2.20
金本・中村・矢澤 (1989)	1987	SO ₂	東京都	Box-Cox	0.112	0.63
山崎 (1991)	1987	騒音	環7沿道	対数線形	-0.4118*	-2.69
矢澤・金本 (1992)	1989	大気質	川崎市	線形	-6.20*	-6.36
矢澤・金本 (1992)	1989	騒音	川崎市	線形	-1.76	-1.46
肥田野・林山・井上 (1996)	1993	振動	世田谷区	Semi-Log	-4.425	-1.62
肥田野・林山・井上 (1996)	1993	騒音	世田谷区	Semi-Log	-0.008*	-2.32

※ 表中の「大気質」はアンケート結果によって得られた値を元にした予測値である。

※ 金本, 中村, 矢澤 (1989) のパラメータについては, 一次項のものを掲載した。

※ *印は5%有意で, かつ符号条件を満たしているものである。

日本の研究と比較してみよう (表3)。日本の研究はアメリカと比較して数少なく、また TSP を対象としたものがない。よって比較対象としては十分ではないが、推定値にばらつきが大きいこと、多くの係数が符号条件や t 値を満たしていないことなどは共通している。

日本、アメリカに共通していることは、データの対象地域が狭い場合、パラメータが安定するという事実である。データの収集に際しては、その精度が重要であることが肥田野 (1996) らの研究結果によって明白である。

3.2 ヘドニック法を用いた先行研究の評価

この節では、過去の実証研究が、いかにして Rosen (1974) の提唱した理論と整合性を持たせていったかを、評価の主眼とする。具体的には、第一章で指摘した理論上の要請と、現実の実証分析との乖離を見る。

(1) データのサンプリング。

第一章第二節で指摘した、データ収集に際して要求される事項を再掲する。

- (a) 必要な変数を網羅すること。
- (b) 新規住宅市場と中古住宅市場のデータを混在させないこと。
- (c) データに十分な変動が見られること。
- (d) 複数の独立した地域からデータを取ること。
- (e) 各汚染変数の多重共線性に対処すること。

(a) に関しては、アメリカの研究であれば、EPA (Environmental Protection Agency) などが公表するデータを用い、変数の数は少なくとも10を超える。日本の研究に関してもそれは同様である。

ただし、データの選別には問題が見られる場合もある。例えば、アメリカの研究の何例かは、住宅価格に所有者の評価額を用いている。所有者の評価に付きまとう誤差は相殺されがちであり、回帰式の定数項にしか影響を与えないため、実際の取引価格と評価額には大きな差異がないと言えるかもしれない。しかし、インプリシットな価格が(2)式の予算制約式内に含まれることが、理論的な整合性を満たさないことは事実であり、データ選別に一層の配慮が望まれる。また、データの精度に関しても一定の配慮が必要である。例えば肥田野(1996)が述べたように、アクセシビリティ指標に時間・費用等の概念を導入するなど情報量をふやし、データを精緻化することは重要であろう。アメリカの研究では、データの精緻化のために実際に研究者がデータを計測した肥田野(1996)のような例は見当たらない。

(b)に関しては、多くの研究で様々な配慮が為されている。例えば Zabel (2000) では、住宅に関するアンケート結果を変数に組み入れ、住宅特性を従来の研究よりも強く反映させることで新規と中古住宅の区別問題を軽減している。

(c)については、表1,2に示されるように、アメリカの多くの研究において汚染水準の変動が激しい1970年初頭のデータが採用されている。一方日本では、比較的汚染水準が安定している1980年代以降のデータを取っている研究が多い。両国とも異時点間のMWTPを計測した例はほとんどなく、経時的な影響については研究が進んでいない。

(d)に関しては、Rosen (1974) がその論文中において強調しているにもかかわらず、多くの研究で条件が満たされていない。表2において、複数市場をデータセットとしているのは Zabel (2000) と Palmquist (1982, 83, 84) のみである。前述したように、単一市場をデータセットとして推定を行う場合には推定結果にバイアスが生じ易くなる。表2の結果に大きなばらつきがある理由の一つが、このサンプリングの問題であると考えられる。

日本では金本・中村・矢澤(1989)が東京の複数の地域を対象に推定を行っている。著者自身が記しているように、東京北部と東京西部の汚染データを同一市場として計測することで、汚染変数の地価に対するパラメータは正になっている。同一市場とみなすことができる地域の区分けは比較的小さいものと思われる。いずれにせよ、国内外を問わず、複数市場の条件を満たす研究は数少ない。

(e)の問題は、第一章第二節に述べた二つの解決方法——単一の汚染物質を変数として用いること、汚染物質を組み合わせて汚染水準を示す指標を作成すること——のどちらがより優れているかについて、明確な結論が得られていない。現実的にはいくつかのパターンを試した結果のうち、最もパラメータの有意性が高いもの、変数として当てはまりが良いものを用いている場合がほとんどである。日本の研究例では、肥田野・林山・井上(1996)、山崎(1991)などがその代表的な例である。

(2)関数形

多くの実証研究で、最も望ましい結果を示しているのは Semi-Log や Log-Log といった単純な関数形である。この事実に関しては日米に差異はない。Box-Cox 変換をした変数のパラメータ(特に汚染変数に関して)は分散が大きくなっているという Palmquist (1982) の研究結果から、関数形の特定化に関しては複雑化を避ける方向性でまとまっている。

また、ヘドニック価格関数に関しては特定化の影響を強く受けるが、付け値関数は特定化の影

響をほとんど受けないという Harrison and Rubinfeld (1978) の研究がある。

(3) 付け値関数の推定

前述したように、単一市場からデータを得た場合、関数形には強い制約が課せられる。この場合、理論的整合性から付け値関数には OLS を用いることはできない。Nelson (1978), Harrison and Rubinfeld (1978), Chattopadhyay (1999) らの研究は、いずれにおいてもこの整合性を満たしていない。Zabel (2000) と Palmquist (1982) などの少数の論文のみがこの条件を満たしている¹⁰⁾。

3.3 先行研究の問題

Rosen (1974) の提示した理論を、住宅や土地に代表される、長い期間かけて購入するような財にそのまま適用することは困難である。先行研究の多くはこの点に関して配慮が見られないが、ヘドニック法の耐久財への適用は以下に示す問題点への留意を要する。

モデル中の(2)式の予算制約線は静学的なものであり、フローの所得を前提としている。フローの所得を前提として予算制約式を構築するのであれば、住宅や土地の価格ではなくローン支払額や地代などを用いるべきであるし、住宅価格や地価をそのまま用いるのであれば、動学的な予算制約式を設定する必要がある。その意味で、静学的な Rosen のモデルを耐久財の価格である住宅価格・地価に適用して推定することは、理論的な裏付けをもたない。このような推定は初期のヘドニック法の適用例やリピートセールスモデルと同様、住宅価格や地価を各属性で回帰したものに過ぎない。商品がさまざまな属性によって成り立っていることを表しているだけである。

静学的なモデルを前提にして推定する場合は、中村 (1995) が提示したように、住宅価格を各年度の住宅維持費用に変換することがのぞまれる。以下に中村の手法を挙げる。

t 期に住宅を購入した場合、t 期から t+1 期までに住宅を保有する費用は以下のように表される。

$$[(1-\tau_y)i_n + \delta + \tau_p]P_t \quad (6)$$

ここで、 τ_y は住宅ローンに対する所得税控除率、 i_n は住宅ローンにかかる利子率、 δ は資本減耗に関する維持管理費、 τ_p は固定資産税を表す (δ, τ_p は各費用が住宅の価値に比例すると考えた場合の比率を表す)。一方、住宅を保持することの便益は、以下の式で表される。

$$r_t + g_t^e P_t \quad (7)$$

(7)式において、 r_t は住宅サービスの貨幣評価額、 g_t^e は住宅価格の期待上昇率を表す。住宅を需要する家計は均衡状態において費用と便益が一致するように行動すると考えられるので、以下の式が導かれる。

$$r_t = [(1-\tau_y)i_n + \delta + \tau_p - g_t^e]P_t \quad (8)$$

(8)式にインフレ率 π_t^e を導入すると、以下のように変形される。

$$r_t = [(1-\tau_y)(i_n - \pi_t^e) + \delta + \tau_p - (g_t^e - \pi_t^e)]P_t \quad (9)$$

(9)式においては、金利が物価上昇率を考慮した形になったと同時に、住宅のキャピタルゲインもインフレ率を差し引いた形に変形された¹¹⁾。(9)式によって、住宅価格から各年度の住宅サービスの貨幣評価額が求められる。この値を用いることで、耐久財があたかも単年度で購入されるような、モデル内での時間概念の混同はなくなる。ただし、中村自身はヘドニックモデルをストッ

クの価格(住宅価格)にもフローの価格(単年度の住宅維持費用)にも適用できると記しており、モデルの時間軸をどちらに設定するかについては詳述していない。

耐久財の価格が静学的な予算制約に組み入れられることを問題視し、ヘドニック法の動学化を試みたものとして Tomat (2002) の手法がある。Tomat (2002) は、Gordon (1990)、Foss, Manser and Young (1993) などの手法を発展させ、耐久財である自動車のヘドニック価格分析に品質の劣化等を考慮した動学的な予算制約式を用いて、上記のような問題を解決しようとしている。Tomat (2002) の理論の要点のみを述べると以下ようになる(以下、添字 t は t 期の変数であることを表す)。

$$\frac{P_{it}}{\theta_{it}} = P_t \quad (10)$$

ここで P_{it} は耐久財 i の価格である。 θ は耐久財 i のある属性がどれだけの金銭的な満足を生むかという指標である。たとえば、車のデザインに感じる満足の金銭的価値を S_{it} 、その車の使用量(乗車時間等)を d_{it} とすれば、 $S_{it} = \theta_{it} d_{it} + (1 - \delta) S_{it-1}$ となる(δ は減価償却率)。 δ は各属性の t 期における価値である。消費者が各属性の消費について最適化をはかるとすれば、加重限界効用均等の法則が成り立ち、どの属性に関しても一定の P_t が得られる。ここで、 θ を t 期に耐久財 i がもつ特性 z_{it} の関数であると仮定し、対数をとると以下の式が導かれる。

$$\text{Log} P_{it} = \alpha_t + F_t(Z_{it}) + u_{it} \quad (11)$$

ここで α は、 θ によって割引かれた(品質によって調整を受けた)財の価格の対数値を表し、 F_t は θ が特定化された関数形をあらわし、 u_{it} は誤差項を表す。

(11)式によって、耐久財価格を属性で回帰することに対する理論付けがなされた。住宅を耐久財として捉えれば、Tomat (2002) の手法は住宅価格のヘドニック分析にも適用可能であると思われる。(11)式を回帰することは、単に Rosen モデルを住宅に適用し、関数形を Semi-Log に設定することと手法上の差異はないが、変数に対する解釈などに大きな差異があることに留意すべきである。例えば定数項の持つ意味はまったく異なる。従来の研究において、定数項は特定の意味付けをもたなかったが、このモデルでは品質によって調整された価格を表している。単なる住宅価格の属性に対する回帰においては、定数項に何の条件も課せられなかったが、このモデルにおいて α_t が極端な値を取ることは理論上の要請を満たさないと見える。

3.4 今後のヘドニック法の展開

この節では、ここまでに述べてきた先行研究の到達点・問題点を考慮した上で、今後の研究の方向性を示す。

(1)適用対象の拡大

従来のヘドニック法を用いた先行研究では、比較的狭い地域を対象としたものがほとんどである。日本における地価や環境質データの豊富さを利用し、複数の都市を対象にした環境質に関する評価額を推定することは、過去の研究の検証となる上に、理論に沿った方向での推定を行うことになる。

この結果を基にして政策の妥当性に関する研究をより詳細に進めることが可能となる。以下のような例がそれに当たる。日本における汚染物質の排出基準は地域によって異なっている(K値

規制など) ものとそうでないものがある。日本で設定されている数値の経済的な妥当性, 数値を地域によって変更すること自体の是非などを検証し, 経済的に最適な規制水準・方法を提示する。

また, 環境の変化に応じた意識の変化についても分析する必要がある。環境規制が厳しいにもかかわらず高い汚染水準の地域と環境規制が緩やかで汚染水準が高い地域を比較し, 環境規制が環境に対する経済的評価に与える影響を考察すること, 騒音などの汚染物質を排出する地域と, その被害を受ける地域とで環境に対する経済的評価がどう変化するかを計測し, 理論との整合性を検証すること, 時点間における環境意識の変化に関する考察などが研究の進展の方向性としてあげられる。

データの精緻化という観点からは, 新築の住宅, 中古の住宅, 賃貸の住宅などで, 環境評価にどのような差異が生まれるか, もし差異が生じるならばその決定要因は何かを分析することも興味深い。従来の研究では新築・中古市場のデータの区分が厳密でない。

(2)理論との整合性

上述したように, 過去のヘドニック法による環境評価の研究は, 地代や住宅維持コストを元にした静学的なモデルと地価や住宅価格を元にした動学的なモデルの差異に注意を払っていない。まず, モデルを構築する上での差異がどのような結果の差異を生むかについての比較・検討が必要であろう。また, 住宅のような耐久財を線形で回帰するような, 動学的モデルと整合性を持たない研究については, 追試を行うべきであると思われる。

また, ヘドニック法は, その手法自体が十分な統計的分析を受けているとは言い難い(CVMとの対比)。例えば Meta-Analysis によってヘドニック法を統計的に分析は数少なく Smith and Huang (1995) が挙げられる程度である。その研究もファーストディファレンスモデルによって得られた推定値と Rosen モデルによって得られた推定値を同一視している問題があり, 追試が必要である。日本の研究に関しては, 数が少ないこともありこのような分析が存在しないが, ヘドニック法の適用例の増加とともにこのような研究が必要とされるだろう。

4. おわりに

本稿はヘドニック法による環境の経済的評価についてサーベイし, その結果, 以下の結論を得た。

先行研究において推定された結果は, 統計的な有意性や理論的な要請を満たしていないものが多い。また, 推定結果は各研究間で大きな差異をもつ。その理由として考えられることは, 第一に推定手法やデータのサンプリングが理論的な要請を満たしていないこと, 第二に, 静学的な Rosen モデルをそのまま耐久財に適用していることである。今後の研究に要求されることは, それらの問題点を解消し, 理論的にも統計学的にも矛盾の無い形でヘドニック法が適用されること, ヘドニック法の適用範囲が拡大されることである。

謝辞: 本稿の作成に当たり, 指導教官である本学経済学部井澤裕司教授から多くの有益なコメントをいただいた。また, 平田純一教授, 大川隆夫助教授にも, いくつかの改善点を指摘していた

だいた。この場を借りて深く感謝申し上げたい。なお、ありうべき誤謬はすべて筆者の責任である。

注

- 1) 日本では、複数年にわたる多種多様な地価データが公表されている。大気汚染に関しても、環境基本法成立以降の観測データが容易に入手できる。
- 2) 本稿はヘドニック法についてのサーベイを目的とする。それゆえ、この節ではヘドニック法が計測できる価値のみを取りあげる。また、推定すべきは WTA (willingness to accept) か、WTP (willingness to pay) かといった問題にも触れない。この類の問題に関しては鷺田 (1999) 等を参照。
- 3) Roback モデルについては本稿では取り扱わない。Roback モデルはその性質上、比較的大きな規模で集計されたデータを用いざるをえず、大気質の影響のみを各住宅規模で正確に評価するような分析には向かない。その点において本稿の対象からは逸脱する部分が多い。
- 4) 本稿の図 1 は中村 (1992) の図 1 と Rosen (1974) の Fig. 1 を筆者が組み合わせ、変数の表記を変えたものである。
- 5) このモデルは Zabel (2000) のモデルを筆者が簡略化したものである。
- 6) TSP (粉塵) はその可視性から最も代表的な汚染物質として考えられがちだが、可視性と代表的な汚染物質であることは無関係であるという Palmquist (1991) の指摘がある。
- 7) なお、これらのデータには Roback モデルで推定された値は含まれていない。市町村単位でのデータの集計を必要とする Roback モデルと、住宅 1 つ 1 つを単位とする Rosen モデルで得られた値を単純比較することは不可能と考えられるからである。
- 8) 表は Smith and Huang (1995) を元に、1995 年以降のデータを筆者が追加し、並べ替えた。
- 9) 複数の回帰式を推定している場合、その論文の著者が最も良い推定と判断した結果からパラメータを抜き出した。
- 10) Palmquist (1982) と Zabel (2000) は、ほぼ理論的に瑕疵はないが、Palmquist は推定の対象である 20 都市全てに線形の特定化をし、Zabel (2000) はインプリシットな価格を被説明変数に置いたことに問題がある。
- 11) ここでは住宅ローン支払いに対して所得税の控除があるケースについて論じている。日本のように控除が無い場合は、 $r_t = (i_n + \delta + \tau_p - g_t^e)P_t$ となる。詳細は中村 (1995) 参照。

参考文献

(邦文文献)

- 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』, Vol. 2, No4, pp. 251-266.
- 中村良平 (1992) 「ヘドニック・アプローチにおける実証分析の諸問題」、『土木学会論文集』, Vol. 449, pp. 57-66.
- 中村良平 (1995) 「住宅市場の理論と分析」, 山田浩之他編『都市と土地の経済学』(第 7 章に所収), 日本評論社, pp. 122-138.
- 肥田野登・林山泰久・井上真志 (1996) 「都市内交通のもたらす騒音及び振動の外部効果の貨幣計測」, 『環境科学会誌』, Vol. 9, No3, pp. 401-409.
- 森杉寿芳・宮武信春・吉田哲生 (1980) 「騒音の社会的費用の計測に関する研究」, 『土木学会論文報告集』, Vol. 302, pp. 113-123.
- 矢澤則彦・金本良嗣 (1992) 「ヘドニック・アプローチにおける変数選択」, 『環境科学会誌』, Vol. 5, No1, pp. 45-56.
- 山崎福寿 (1991) 「自動車騒音による外部効果の計測—環状 7 号線を対象として—」, 『環境科学会誌』,

Vol. 4, No4, pp. 251-264.

鷲田豊明 (1999) 『環境評価入門』, 勁草書房。

(欧文文献)

Anderson R. J., and T. D. Crocker (1971) "Air pollution and Residential Property Values" *Urban Studies*, Vol. 8, No3, pp. 171-180.

Cassel, E., and R. Mendelson (1985) "The Choice of Functional Forms for Hedonic Price Equations: Comment," *Journal of Urban Economics*, Vol. 18, No2, pp. 135-42.

Chattopadhyay, S. (1999) "Estimating the Demand for Air Quality: New Evidence Based on the Chicago Housing Market," *Land Economics* Vol. 75, pp. 22-38.

Court, A. T. (1939) "Hedonic price indexes with automotive examples," in *The dynamics of automobile demand*, pp. 99-117, Detroit: General Motors.

Foss, F. M., M. E. Manser, and A. H. Young (eds.) (1993) *Price Measurement and their Uses*, NBER Studies in Income and Wealth, Vol. 57, Chicago and London, University of Chicago Press.

Gordon, R. J. (1990) *The Measurement of Durable Goods Prices*, Chicago and London, University Press, pp. 211-243.

Graves, P., J. C. Murdoch, M. A. Thayer, and D. Waldman (1988) "The Robustness of Hedonic Price Estimation: Urban Air Quality" *Land Economics*, Vol. 64, pp. 220-233.

Griliches, Zvi. (1961) "Hedonic price indexes for automobiles: An econometric analysis of quality change," in *The price statistics of the federal government*, General Series 73, pp. 173-96, New York: National Bureau of Economic Research.

Harrison, D., and D. L. Rubinfeld (1978) "Hedonic Housing Prices and the Demand for Clean Air." *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 5, pp. 81-102.

Meese R. A., and N. E. Wallace (1997) "The Construction of Residential Housing Price Indices: A Comparison of Repeat-Sales, Hedonic-Regression, and Hybrid Approaches," *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol. 14, pp. 51-74.

Mendelson, R., D. Hellerstein, M. Huguenin, R. Unsworth, and R. Brazee (1992) "Measuring Hazardous Waste Damage with Panel Models," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 22, pp. 259-271.

Nelson J. P., (1978) "Residential Choice, Hedonic Prices, and the Demand for Urban Air Quality" *Journal of Urban Economics*, Vol5, No3, pp. 357-369.

Palmquist, R. B. (1982) "Measuring Environmental Effects on Property Values without Hedonic Regressions," *Journal of Urban Economics*, Vol. 11, pp. 373-347.

Palmquist, R. B. (1983) "Estimating the Demand for Air Quality from Property Value Studies: Further Results," Department of Economics North Carolina State University, mimeo.

Palmquist R. B. (1984) "Estimating the Demand for Characteristics of Housing," *Review of Economics and Statistics*, Vol. 66, pp. 394-404.

Parsons G. R. (1992) "The Effect of Coastal Land Use Restriction on Housing Prices: A Repeat Sales Analysis," *Journal of Environmental Economics and Managements*, Vol. 22, pp. 25-37.

Ridker R. G., and J. A. Henning (1967) "The Determinant of Residential Property Values with Special Reference to Air Pollution" *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 49, No2, pp. 246-257.

Roback, J. (1982) "Wages, Rents, and the Quality of Life," *Journal of Political Economy*, Vol. 90, pp. 1257-1278.

Rosen, S. (1974) "Hedonic Price and Implicit Markets, Product Differentiation in Pure Competition,"

Journal of Political Economy, Vol. 82, pp. 34-55.

Smith V. K., and J. C. Huang (1995) "Can Market Value Air Quality? A Meta-Analysis of Hedonic Property Value Models," *Journal of Political Economy*, Vol. 103, pp. 209-227.

Tomat, G. M, (2002) "Durable Goods, Price Indexes and Quality Change: An Application to Automobile Prices in Italy, 1988-1998," mimeo.

Zabel, J. E., and Katherine A. K. (2000) "Estimating the Demand for Air Quality in Four U. S. Cities," *Land Economics*, Vol. 76, No2, pp. 174-194.

Abstract

The purpose of this paper is to present a brief survey of literatures, in which the evaluation of environmental quality is estimated by hedonic approach. They used the prices of lands and / or houses as durable goods. We focus on the followings: (1) did previous literatures derive the desirable results from their estimation? (2) Suppose not that they did. What are the reasons? From the above standpoints, we establish the following results: Previous researches did not always derive them, because they did not construct the theoretical model to deal with durable goods, and because they did not estimate under necessary conditions where hedonic approach is effective method.