土木学会論文集 No. 449／Ⅳ-17, pp. 57~66, 1992. 7

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・アプローチにおける実証分析の諸問題

中村良平*

S. Rosen が提示したヘドニック・アプローチは，住宅市場を中心に今日まで多くの実証研究に適用されてきた．しかしながら，そこには，特に住宅特性に対する需要関数や供給関数の推定については、同時性と識別困難性の問題が存在している．本稿では，ヘドニック構造方程式の推定に関して直面する同時性と識別困難性の問題について，最近の研究成果から，その問題点と実証研究における対処の方法について述べる．

Keywords : *hedonic approach, simultaneity, identification*

1. ヘドニック・アプローチの理論的基礎

ヘドニック・アプローチの理論的基礎は，多くの特性をもつ単一財の市場について，Rosen[1]によって形成され，国内では太田[2]や金本・中村[3]によって紹介されており，さらに金本・中村・矢澤[4]によって，環境の価値の計測におけるヘドニック・アプローチの適用について理論的背景と実証分析の手続きが詳しく述べられている．そこで，以下では住宅財を例にとり，この理論のエッセンスを簡単に示すことにする．

いま住宅を構成する第 i 番目の特性の数量を z_i で表すものとすると，住宅という合成財は，特性ベクトル $z=(z_1, \cdots, z_n)$ によって表現することができる．ここで z_i $(i=1, \cdots, n)$ は，広さや，住宅の施設や構造特性，中心地までの時間，自然環境や社会環境の水準などの属性値である．個々の住宅は，それぞれ1つの特性ベクトル z を有しており，それに対応して住宅市場で価格がつけられている．この住宅価格と特性ベクトルの関係は，市場価格関数 P によって

$$p=p(z_1,\cdots,z_n) \quad \cdots\cdots(1)$$

と表現できる．したがって，住宅市場を観察すれば，市場価格関数を推察することができる．

住宅需要者は住宅情報誌や不動産会社等からの情報に基づいて観察した市場価格関数を前提にして，自分にとって最適な住宅特性ベクトルをもった住宅を選択することになる．この最適化問題は，効用関数

$$U=U(x,z) \quad \cdots\cdots(2)$$

を予算制約式

$$y=x+p(z) \quad \cdots\cdots(3)$$

のもとで x と z について最大化をする問題として定式化される．ここで，x は住宅以外の財をすべて合わせた集合財であり，その価格は1に基準化されている．また，y は所得もしくは資産であり，$p(z)$ は市場価格関数である．式（3）の制約のもとで式（2）の効用最大化のための一階の条件は，

$$\partial_p/\partial z_i \equiv p_i(z)=(\partial U/\partial z_i)/(\partial U/\partial x) \equiv U_i/U_x \quad \cdots\cdots(4)$$

である．

Rosen[1]は，ここで付け値関数（bid rent function）という概念を導入している．付け値関数とは，特性ベクトル z をもつ住宅に対するある需要者の付け値（＝需要価格）を意味するものである．効用水準を高く設定すると，住宅に支払うことのできる価格（＝付け値）は低下するし，逆に効用水準を低くすれば上がる．したがって，付け値関数は，住宅需要者がある効用水準 u を達成しなければならないとしたときに住宅 z に支払える最高の価格を表している．この付け値関数は以下のように導出される．住宅価格が p であるときには，（3）の予算制約式から $x=y-p$ が得られる．これを式（2）の効用関数に代入すると，$U(y-p, z)$ となる．この関数は，最大化された効用関数という意味で経済学で間接効用関数と呼ばれているものの一例である．このようにして得られた間接効用関数の値を，ある与えられた効用水準 u に保つような住宅価格の水準は，特性 z，所得 y と効用水準 u に依存する．この依存関係を表したものが付け値関数 $\theta(z;y, u)$ である．つまり，付け値関数は，

$$U(y-\theta(z;y,u),z) \equiv u \quad \cdots\cdots(5)$$

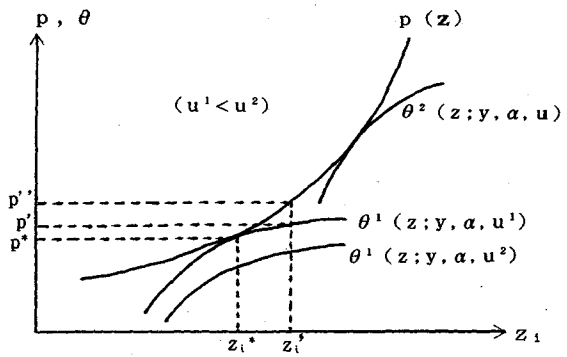
という恒等式を満たす関数として定義される．式（5）を微分することによって，付け値関数は，

$$\theta_i \equiv \partial\theta/\partial z_i = U_i/U_x \quad \cdots\cdots(6)$$

を満たすことがわかる．式（6）より，θ_i は特性 z と集合財 x との限界代替率に等しく，特性 z_i に対する住宅需要者のインプリシットな限界評価額，つまり特性 z_i のシャドゥ・プライスとして解釈できる．

付け値関数はある効用水準を前提にしているので，効

* 岡山大学経済学部助教授　学術博士
（〒700　岡山市津島中 3-1-1）



図—1　付け値関数と市場価格関数

用水準を変えると付け値関数もシフトする．図—1には，第i番目以外の特性を固定して，付け値関数を［$\theta-z_i$］平面に投影したものが描かれており，高い効用水準には低い付け値関数が対応している．市場価格関数$p(z)$は，住宅を購入するときに支払わねばならない価格であるので，合理的な需要者は市場価格曲線上にあって最も高い効用水準を達成できる住宅zを選択する．したがって，市場価格関数と付け値曲線が接する点において最適解が見い出だされる．つまり，最適解z^*では，

$$\theta(z^*;u^*,y)=p(z^*),\quad \theta_i(z^*;u^*,y)=p_i(z^*) \quad \cdots\cdots(7\text{a, b})$$

の2つの条件式が同時に成立してなければならない．

ここまでは一人の住宅需要者の行動を考えてきたが，現実には所得や嗜好の異なる多くの需要者がいるから，それぞれの需要者に応じた異なった付け値関数が存在することになる．個々の住宅需要者を識別するためにαというベクトルで嗜好の違いを表すものとすると，効用関数は$U=U(x,\ z;\alpha)$の形に書け，付け値関数は$\theta=\theta(z;y,\ \alpha,\ u)$のように所得に加えて嗜好の違いを表すパラメータ$\alpha$にも依存してくる．図—1には，所得と嗜好の異なる需要者の付け値曲線θ^2も示されている．市場均衡状態では，すべての需要者の付け値関数が市場価格関数に接していなければならないので，市場価格関数$p(z)$はすべての住宅需要者の包絡線になっている．

住宅供給者の行動も需要者の場合と同様に定式化でき，付け値関数に対応した供給者のオファー価格関数を考えることができる．オファー価格関数は，ある技術条件βをもつ企業がある与えられた利潤πを達成するという条件の下で提示できる最低の価格として定義される．これは，費用関数をCとしたときの利潤を表す式

$$\pi=p(z)-C(z;\beta) \quad \cdots\cdots(8)$$

とその最大化の一階の条件より，オファー価格関数は，

$$\psi=\psi(z;\pi,\beta) \quad \cdots\cdots(9)$$

と表現できる．ここで，最適点z^*においては需要者の場合と同様に

$$\psi(z^*;\pi,\beta)=p(z^*),\quad \psi_i(z^*;\pi,\beta)=p_i(z^*) \quad \cdots(10\text{a, b})$$

が成立している．利潤は価格が高ければ大きくなるので，生産者はオファー価格関数が市場価格関数に上から接する点の住宅特性を選択することになる．よって，市場価格関数は，オファー価格関数の下側の包絡線となる．

付け値関数とオファー関数を重ね合わせると判るように，市場価格関数は多くの買い手の付け値関数と売り手のオファー価格関数の双方の包絡線となっており，一般には付け値曲線ともオファー曲線とも一致しない．このことは，推定された市場価格関数を用いて便益を評価する際に重要な意味をもってくる．たとえば，図—1においてz_iを周辺環境の水準を表す特性とすると，環境改善による需要者の便益は付け値曲線によって計測することができる．周辺環境が当初水準のz_i^*からz_i'へ改善されたとき，付け値関数の値は$p^*=\theta(z_i^*)\equiv p(z_i^*)$から$p'=\theta(z_i')$へ上昇するとしよう．付け値関数の定義から，住宅需要者の（z_i^*，p^*）から（z_i'，p'）への移動は効用水準を変化させない補償需要関数上での動きであるので，この改善に対する需要者の支払容認額（willingness to pay）は，［p^*-p'］であるといえる．このように付け値関数を用いて，支払容認額の概念で環境改善の価値を測定することができる．しかしながら，図—1からも判るように，市場価格関数の限界値を用いて環境改善の価値を計測すると，［$p''-p^*$］＞［$p'-p^*$］のように過大推定となってしまう．ただし，$p''=p(z_i')$，$p'=\theta(z_i')$である．全ての需要者が同質（同じ付け値関数）な場合と環境改善の程度が小さいときは市場価格関数の限界値で代用できる．後者のときは［$p''-p^*$］と［$p'-p^*$］の差が小さいことから，市場価格関数を用いた計算値を近似値として採用しても大きなバイアスとはならないといえよう．

2.　ヘドニック市場価格関数の推定

（1）　データの収集[4)]

データの収集とサンプリング方法は，ヘドニック分析をするときの非常に重要な事柄の1つである．それは収集したデータに含まれている情報以上のものは，いかなる分析手段を駆使しても得られないからである．

データの収集に入る前にまず，分析の対象となる母集団を明確に限定しておくことが必要となる．たとえば，住宅市場を分析の対象とするのであれば，持ち家を対象にするのか賃貸住宅を対象にするのか，持ち家住宅についても一戸建てを対象にするのか分譲マンションのような集合住宅を対象にするのか，などを決定しなければならない．異なる住宅タイプ間では，市場価格関数の形状が根本的に異なっていると考えられるからである．

環境改善による便益の評価が目的であれば，サンプリングは環境水準の異なる地点から十分な数のデータを

とっておくことが必要である．このことは，ヘドニック関数の推定の際にしばしば直面する多重共線性の問題とも関連してくるからである．

住宅価格の変動を説明する地点属性に関する変数については，利便性の他に社会資本サービスの水準，自然環境条件，前面道路幅など重要と考えられる変数を網羅する必要がある．もし観察されなかった変数と環境変数の間に大きな相関があるときには，環境改善の便益の評価値はバイアスを生じる可能性があるからである．住宅居住者の特性についても同様で，観察されなかった特性があると，これが住宅特性（z）と相関することによって最小二乗法による推定値は偏りを持つ可能性がある．

住宅価格については，同時期に売買されたサンプルでデータを作成することが望ましいが，それで十分なデータが得られない場合には，異時点のサンプルから構成されるデータセットを作成することになる．この場合には，インフレ率などで価格基準を統一して分析をおこなう必要が生じる．ただし新規住宅と中古住宅のデータは混在しないほうがよい．資産償却率やインフレ率を利用して価格基準を統一することは可能ではあるが，これらの市場構造は根本的に異なるものと考えられるからである．また，できるだけ複数の独立した住宅市場からサンプリングしておくことが適切である．これは，後で述べる付け値関数の識別問題と密接に関連してくるからである．

（2） ヘドニック価格関数の非線形性

データの収集と整理が終わると，ヘドニック市場価格関数の推定に移ることになる．ヘドニック価格関数として線形の関数が用いられるならば，推定式は，

$$p=\alpha_0+\alpha_1 z_1+\cdots+\alpha_i z_i+\cdots+\alpha_n z_n+e_p \quad \cdots\cdots\cdots\cdots(11)$$

となる．ここで，p は住宅価格，z_i は第 i 属性の値，e_p は誤差項，そして α_i は推定されるパラメータである．通常，このパラメータは最小二乗法で推定される．

線形のモデルは推定に便利であるが，それが最良の関数であるという保証はない．一般に，住宅のように多くの特性から1つの財が構成されている場合には，1つの住宅を切り売りしたり，逆に適当にある特性を増やしたりしてのリパッケージ（repackage）による自由売買は不可能である．もし，リパッケージによる裁定（自由売買）が許されると，価格関数は線形になり，各々の特性が1個の財であって，それぞれに価格がついているケースと形式的に同じになってしまう．そのようなケースは，通常のミクロ経済学の分析がそのまま適用できヘドニック・アプローチの諸特性はなくなる．現実の例においても，このようなことは不可能であり，またヘドニック価格関数の各属性に対する限界値が，通常線形でなくクロスセクショナルに変動していることも自由裁定でないことの根拠となる．つまり，ある価格で財を購入した消費者は，裁定活動が可能な状況のもとだと，リパッケージして別のバンドルとして売ることによって利潤を得ることができる．したがって，利潤を生じないためには，価格関数は必然的に線形にならざるをえない．

このようなヘドニック市場価格の非線形関数形は，一般に理論的には特定できず，統計的な手段を用いて最良な関数形をサーチしていくしかない．線形関数に代わるものとして，しばしば用いられてきた関数形に対数線形がある．しかし，対数線形でもそれを先験的に特定化している場合には，それが最もフィットが良かった関数形とは限らないのである．

1980年代以降の研究では，関数形の選択についてBox-Cox変換が頻繁に用いられるようになった[5]．Box-Cox変換とは，たとえば変数 p を

$$G(p\,;\lambda)=(p^{\lambda}-1)/\lambda \qquad (\lambda\neq 0)$$
$$=\ln p \qquad (\lambda=0) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(12)$$

のようにパラメータ λ を用いて変換するものである．したがってBox-Cox変換は，対数形や線形の関数型をその特殊ケースとして含む一般的な高次関数として考えられる．この変換を用いると，ヘドニック価格関数は，

$$G(p\,;\lambda)=\alpha+\sum_i \beta_i h_i(z_i\,;\mu_i) \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(13)$$

として示される．ここで，$h_i\ (z_i,\ \mu_i)=(z_i^{\mu_i}-1)/\mu_i$，$\lambda$ と μ_i（$i=0,\ \cdots,\ n$）は変換パラメータである．

従属変数である p の変換を行わない場合には，独立変数 z の変換について，どの変換が統計的に最も適合度が良いかの判断には，通常の自由度調整済みの決定係数を用いることができる．しかしながら，従属変数に変換を施す場合には，誤差分布はもはや正規分布には従わなくなり，したがって推定には最尤推定法を用いることになる．このことから，尤度関数によって対数尤度値が最大となる μ_i を選択していくことになる．

いま表現の簡単化のために，推定式を

$$G(p_j\,;\lambda)=\alpha_0+\alpha_i h(z_j\,;\mu)+e_j, \qquad (j=1,\cdots,m)$$

のように2変数の場合で λ と μ を変換パラメータとして考えてみる．ここで，m はサンプル数である．このとき，尤度関数（likelihood function）：L は，

$$\ln L=-m\ln\sigma-\frac{1}{2\sigma^2}\sum e_j+(\lambda-1)\sum \ln p_j$$

と表せる．ここで各 p_j を p_j の幾何平均で割ることによって，上式の右辺の最終項は消えて，$\ln L$ の最大値は

$$-(m/2)\ln\hat{\sigma}^2(\lambda,\mu)$$

の大きさに比例することになる．よって推定手続きは

①各 p_j を p_j の幾何平均で除する

②各（λ, μ）の値に対して，誤差の二乗和 $\hat{\sigma}$（λ, μ）を計算

③$\hat{\sigma}$（λ, μ）の値が最小となる（λ, μ）を選ぶと，最尤推定値が得られる．

推定された変換パラメータを（λ^*, μ^*）とすると，これについての信頼区間や（λ^*, μ^*）についての仮説検定，すなわち関数形の検定は，尤度比検定統計量を用いて以下の手順でおこなうことができる．尤度比検定統計量 Φ は，

$$\Phi=\frac{\max\ L(\lambda,\mu)}{\max L(\lambda^*,\mu^*)}=\left[\frac{\hat{\sigma}(\lambda^*,\mu^*)}{\hat{\sigma}(\lambda,\mu)}\right]^{m/2}$$

であり，$-2\ln\Phi$ は自由度2の χ^2 分布にしたがう．χ^2 分布表から，95％の信頼区間は，

$$Pr(-2\ln\Phi<5.99)=0.95$$

となるので，

$$m[\ln\hat{\sigma}(\lambda,\mu)-\ln\hat{\sigma}(\lambda^*,\mu^*)]<5.99$$

を解いて求められる．さらに関数形の検定については，（λ^*, μ^*）が設定した信頼区間内に入るかどうかをみることによって実行できる．

1つか2つのパラメータを推定するのであれば，最尤推定法を最初からとってもパラメータは収束する場合が多いが，3つ以上のパラメータになると収束しなくなることがしばしば生じる．Box-Cox 変換において，通常は，以下に示す2段階の推定手続きが採用される．

①（λ, μ）に適当な値を与え，α_i を最小二乗法によって推定する．

②この推定値をもとに尤度関数の値を計算して，尤度を上昇させる方向に λ と μ を変化させる．

③①に戻り，再び α_i を最小二乗法で求める．

Box-Cox 変換をもっと一般的な関数形であるフレキシブル関数形に対して適用することが，Halvorson and Pollakowski[6]によって提唱されている．フレキシブル関数形とは，任意の2階微分可能な関数を Taylor 展開することによって2階の近似をとったものであり，その例としてはトランスログや二次形式，一般化レオンチェフなどの関数形があげられる．フレキシブル関数形に Box-Cox 変換を適用した式は，

$$G(p\,;\lambda)=\alpha_0+\sum\alpha_j h(z_j\,;\mu_j)+\frac{1}{2}\sum\sum\beta_{jk}h(z_j\,;\mu_j)h(z_k\,;\mu_k)\cdots\cdots\cdots(14)$$

と表せる．全ての β_{jk} が0の場合は，この式は線形式の各変数に Box-Cox 変換を施したものとなり，restrictive（制約的）とか separable（分離型）な関数形とよばれている．第 j 番目の特性に対するインプリシットな限界価格の計算式は，式（14）を微分することによって

$$p_j=\frac{p^{1-\lambda}}{z_j^{1-\mu}}\left[\alpha_j+\sum\beta_j\frac{z_j^{\mu-1}}{\mu}\right]\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)$$

と求められる．ここで，各 z について分離可能の形である（separable）ならば，限界価格は

$$p_j=\alpha_j\frac{p^{1-\lambda}}{z_j^{1-\mu}}\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(15)'$$

となり，任意の2つの特性についての限界価格の比率は，それら以外の特性の水準に依存しない形となる．

フレキシブル関数形は特性間の積も説明変数として含むので，より真の関数形に近づく結果説明力が上昇する反面，推定するパラメータの数が線形の場合に比べて n（$n+1$）／2個の増加となり，多重共線性による符号の不安定性や限界価値の解釈に問題を生じることがしばしばある．

Cassel and Mendelsohn[7]は，ヘドニック分析の目的が予測にあるのではなく特性のインプリシット価格を求めることにあるのならば，推定値の信頼性の面からクロス項を数多く含むフレキシブル関数型は不適切であることが示されている．また，特性について大気汚染水準のような環境変数の場合は，住宅資産価値への影響力が他の変数に比べて相対的に弱いことから，フレキシブル関数型よりも線形の Box-Cox 変換で独立の変換パラメータを用いる方が望ましいとしている．これに対して，Rasmussen and Zuehlke[8]は，推定結果の誤差の自乗和を比較し尤度比検定を行った結果，フレキシブル関数型の方が，Box-Cox 変換を用いない準対数形（被説明変数のみ対数変換）の方においても，線形で Box-Cox 変換を用いる方よりも，説明力が大きく高まることを示している．

Cropper, Deck and McConnell[9]は，トランスログ型と Diewert 型の2つの効用関数のもとで，Wheaton[10]の示した住宅割当問題から計算される住宅価格と6種類の関数形について推定したヘドニック市場住宅価格関数から計算される限界価格の合計値との間に生じる誤差の程度についてモンテカルロ・シミュレーション分析によって検討している．この結果によると，市場価格方程式において除かれた住宅・環境特性がある場合や変数に観察誤差が含まれている場合については，フレキシブル関数型を用いるよりも線形で各変数に Box-Cox 変換を適用した方が優れていることを示し，Cassel and Mendelsohn[7]が気付かなかった点を指摘している．

市場価格関数の中で観察されていない重要な変数や特性に対して代理変数が用いられる場合など観察誤差が考えられる場合には，最小二乗法ではなく誤差項とは独立な変数を用いた操作変数法による推定が必要になってくる．操作変数としては，需要者の特性ベクトルが候補として考えられる．ただし，次節で述べる付け値関数と市場価格関数を同時に推定するような場合には，市場価格関数の識別条件が満たされている必要がある[11]．

ところで，関数形の選択に Box-Cox 変換を採用した多くの研究では，右辺の説明変数の変換パラメータを同一のものとしているが，たとえば，専有面積と都心への利便性では変換パラメータの異なってくることが容易に想像され，右辺の変数に同一の変換パラメータを課すことは制約的であると考えられる．もちろん，このことに

より，尤度の global maximum な点を探し出すことがより困難になってくるが，それでも固定する変換パラメータと探索するそれとを順次入れ換えて最尤度の推定値と変換パラメータを探索していくことが望まれる．

ヘドニック価格関数の関数形については経済学的には何ら先験的な制約も条件も与えられない．したがって，望ましい関数形の選択には，観察誤差の影響も含めて関数形選択に対して変換パラメータについての尤度比検定を順次を行い，同時にそれらそれぞれについての限界価格の頑健性（robustness）をチェックしていく努力が少なくとも必要であろう[12),13)]．

このような手続きを経て推定されたヘドニック市場価格関数は，既に示したように，一般に需要者の特性 z_i に対する限界評価関数あるいは逆需要関数とは一致しない．したがって，付け値関数の推定が必要となるが，1節で述べたように特性値の微少な変化については市場価格関数を用いても差し支えない．需要者の最適点では市場価格関数と付け値関数が接しているため，市場価格関数の特性 z_i についての偏微分値と付け値関数のそれとが等しくなる．つまり，最適点では式（7a）と式（7b）が成立しており，周辺環境などの変化に関する限界評価値は，市場価格関数の当該特性に関する偏微分値で近似できる．

3. 特性需要関数（限界付け値関数）の推定

（1） Sherwin Rosen のアプローチ

環境など住宅価格を構成する属性値の変化が十分小さくない場合には，ヘドニック市場価格関数による限界価値の推定値は過大評価になってしまう．このような場合は付け値関数を推定する必要がある．また，住宅需要についての様々な経済的特性は政策的にしばしば重要な役割を持つことから，需要関数の正しい推定は重要な課題となっている．

Rosen は，各特性についての限界価値（シャドゥ・プライス）である $\hat{p}_i(z)=\partial\hat{p}(z)/\partial z_i$ を内生変数とし，需要者側の特性ベクトル Y_1（所得，家族構成等）と供給者の特性ベクトル Y_2（生産技術，要素価格等）を識別要件のシフト・パラメータとして導入した同時方程式

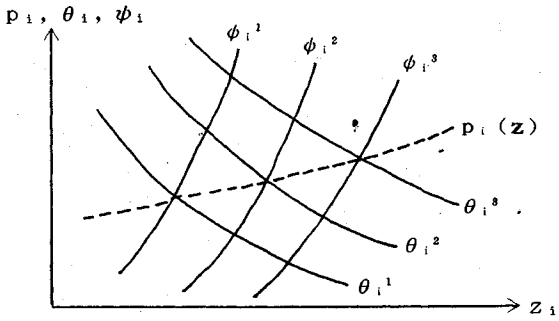
$$\hat{p}_i(z)=f_i(z_1,\cdots,z_n\,;\,Y_1) \quad\cdots\cdots(16a)$$

$$\hat{p}_i(z)=g_i(z_1,\cdots,z_n\,;\,Y_2) \quad\cdots\cdots(16b)$$

を推定することによって，付け値関数（逆需要関数）とオファー関数を識別した推定が可能であると主張した（図—2）．これは，Y_1 や Y_2 を操作変数として，あたかも需要関数と供給関数を標準的な同時方程式体系の推定手法，たとえば二段階や三段階最小二乗法によって，識別と推定ができるものとした．

（2） 同時性と識別可能性の問題

集計された需要や供給のデータによって推定される標準的な需要関数と供給関数における同時性の問題は，数量と価格が同時決定されるために，右辺の変数と誤差項の間に相関が存在し，通常の最小二乗法では一致推定量が得られない．したがって，操作変数法を用いた二段階推定法が採用されることが多い．



図—2 限界付け値関数と限界オファー関数

しかしながら，ヘドニック・アプローチでは，通常個々の需要者や供給主体のデータに基づいて分析されるので，むしろ市場価格：p は個人の需要者や個々の企業にとっては所与のものであり外生的とみなされる．ところが，市場価格関数を特性（z_i）に関して偏微分して得られる限界価格の式は，前節で示したように一般に非線形であるために，右辺にその特性変数が残る．すなわち，

$$p_i(z)\equiv\partial p/\partial z_i=p_i(z_1,\cdots,z_n) \quad\cdots\cdots(17)$$

となる．消費される特性の量と限界価格は相互依存的に変化し，したがってこれらは同時決定になってくる．これは，Rosen[1)]が指摘した通常の需給の同時性とは異なる問題である．このような場合は通常，内生変数に対して操作変数法が用いられるのであるが，この手法が適用できるかどうかに先だって，個々の特性に対する需要関数，すなわち限界付け値関数についての識別可能性の問題が存在する．構造方程式の識別ができない場合は，それに操作変数法を適用しても意味がないからである．

直感的に考えると，「ヘドニック・モデルで分析の対象とするクロスセクションのデータは，売買された住宅からサンプルをとる限りにおいては，それらはすべて均衡点のデータを表しており，そこからは（限界）付け値関数を識別できる情報は得られない」ということである．図—1 や図—2 において，このことは得られたデータは a 点や b 点の数値であり，このような一点のデータからだけでは θ_i（z_1, …, z_n ; Y_1）における θ_i の形状は推定できないということを意味している．

Rosen の手法を直接適用すると，限界付け値関数（需要関数）は識別されず，この推定されたパラメータは市場価格関数のパラメータを再現したものに過ぎないということになる[14),15)]．この識別が不可能であることを，Brown and Rosen[14)]の示した単純なモデルを用いて証明

してみる[16]．いま市場価格関数を具体的に

$$p=a_0+a_1z+\frac{1}{2}a_2z^2+\varepsilon_P$$

と2次関数に特定化し，限界付け値関数（需要関数）を

$$\theta_z=b_0+b_1z+b_2y+\varepsilon_D$$

と特定化した場合を考える．パラメータの係数行列を

$$A=\begin{bmatrix}1 & -a_1 & -a_0 & 0 & -a_2\\ 0 & a_2-b_1 & a_1-b_0 & -b_2 & 0\end{bmatrix}$$

とし，変数と誤差項のベクトルをそれぞれ

$$q=\left[p \quad z \quad 1 \quad y \quad \frac{1}{2}z^2\right]^T$$

$$\varepsilon=[\varepsilon_P, \ \varepsilon_D]^T$$

とすると，構造方程式は

$$A\cdot q=\varepsilon$$

と表せる．ここで係数の制約条件は，市場価格関数については，

$$\phi_P=[0 \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 0]^T$$

と，また付け値関数（需要関数）については，

$$\phi_D=\begin{bmatrix}1 & 0 & 0 & 0 & 0\\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1\end{bmatrix}^T$$

である．このシステムにおいて，識別のためのランク（階数）に関する必要条件は，

$$\mathrm{rank}(\phi_P)\geqq 1,\ \mathrm{rank}(\phi_D)\geqq 2$$

で，必要十分条件は，

$$\mathrm{rank}(A\cdot\phi_P)\geqq 1,\ \mathrm{rank}(A\cdot\phi_D)=2$$

である．ここで特性に対する限界付け値関数については，パラメータの基準化が不適切なために階数条件が1つ上がっている．市場価格関数について階数を求めると，

$$\mathrm{rank}(\phi_P)=\mathrm{rank}(A\cdot\phi_P)=1$$

となり，また限界付け値関数については，

$$\mathrm{rank}(\phi_D)=2,\ \mathrm{rank}(A\cdot\phi_D)=1$$

となる．このことから，市場価格関数は識別できるが限界付け値関数については識別できないことになる．

上の例では，ヘドニック価格関数と限界付け値関数を同時に推定する必要がある場合，すなわち住宅需要者の行動によって市場価格が形成されるような場合についての識別不可能性を示したが，市場価格関数が個々の需要者にとって所与と考えられる場合には，第1段階で推定されたヘドニック価格関数のパラメータから各住宅特性の限界価格を計算して，それを用いて付け値関数と需要関数を推定するといったS. Rosen[1]型の2段階の推定手順が利用できる．しかしながら，この場合においても需要関数の誘導形のパラメータが過小識別となることが上の例でも簡単に示され，Brown and Rosen[14]やBrown[15]が示したようにヘドニック市場価格関数における住宅特性のパラメータと限界付け値関数におけるそれとが理論的に同一のものとなってくる．

ヘドニック・モデルによる実証分析では，通常，複数の住宅特性が存在する．この場合，事前にヘドニック価格関数のパラメータが推定されているとすると，特性に対する限界付け値関数間の識別条件は，それらの誤差項の間に相関がないときには満たされて，非線形の2段階最小二乗法によって推定がなされる[16]．しかしながら，それらとヘドニック価格関数あるいは限界価格関数との間の識別は，関数のパラメータについて先験的な制約がない限り困難となる．さらに，市場価格にBox-Cox変換を施す場合とか説明変数に関して二次形式のフレキシブル関数形が採用された場合には，各特性についての限界付け値関数の値は相互依存関係を示し，誤差項が互いに独立でなくなり，単一方程式による推定は不適切となる．McConnell and Phipps[16]は，この場合について最尤推定による識別の考え方を述べている．

（3） 識別困難性の克服

上記の識別困難性の原因を考えると，限界付け値関数を識別するためには，1つは限界価格方程式を外生的にシフトさせるような何かの追加的情報が必要であることが想起される．これは，ヘドニック市場価格関数やその限界価格式の右辺の変数としては現れるが，付け値関数やオファー関数の説明変数には現れないような変数の存在を意味する．すなわち，この第3の変数をDとすると，市場価格関数と限界価格式は，

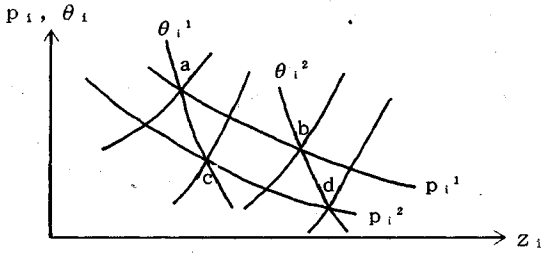
$$p=p(z_1,\cdots,z_n,D)+e \cdots\cdots (18)$$

$$p_i\equiv\partial p/\partial z_i$$
$$=p_i(z_1,\cdots,z_n,D) \cdots\cdots (19)$$

と表せる．Brown[15], Diamond and Smith[17]やMendelsohn[18]らは，このDのような変数がなければ構造方程式は識別は不可能であり，Dの存在が識別の必要条件になることを示している．具体的なDの変数としては，複数の独立した住宅市場のデータを用いることや，異なる期間のデータを分析に利用することである．あるいは単一市場でのデータだと，個々の特性に対する需要関数や供給関数，すなわち限界付け値関数や限界オファー関数の右辺に住宅特性変数の冪乗項が存在することである．

直感的には，図—3で示したように需要関数の識別が可能になることがわかる．ここで，$p^1(z)$と$p^2(z)$は，それぞれ異なる住宅市場におけるヘドニック市場価格関数である．θ_i^1は第1消費者の住宅特性iに対する限界付け値関数を意味している．ここで，需要関数の形状において市場間における異なりはなく，需要者間の違いは家計の特性を表すベクトルによってシフト・パラメータとして与えられるものと仮定されている．冪乗の項の存在も，基本的には複数市場の場合と同様に，限界価格関数の変動を与えることを意味する．

式（18）と（19）の同時システムは，上に示した通常



図—3　2つの住宅市場の例

の識別のランク（階数）条件は満たさないが，McConnell and Phipps[16]によって，方程式間のパラメータ制約と非線形制約まで識別問題を拡張したWegge[19]の基準を適用すると識別可能性の十分条件は満たしていることが示されている．もちろん，ヘドニック価格関数のパラメータが先験的に判っていれば，式（19）の識別は可能である．

a）単一の住宅市場での識別可能性

単一の住宅市場のデータによる需要関数や供給関数の識別可能性は，Mendelsohn[18]によって市場価格関数を

$$p(z)=\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=0}^{J}a_{ij}z_i^j+e_P$$

のような冪乗項（冪乗数：j）を考慮した形に特定化することによって示されている．さらに限界付け値（オファー）と需要者（供給者）の特性について，需要者（あるいは供給者）の特性は各住宅特性に対して単調変換の性質があることを仮定して，逆関数を識別のために利用している．1つの特性 Z での具体的な例としては，

$$p_z(z)=\partial p/\partial z=a_1+a_2z+a_3z^2$$

$$\theta_z(z\,;Y_D)=b_0+b_1z+b_2Y_D$$

$$\phi_z(z\,;Y_S)=c_0+c_1z+c_2Y_S$$

と，さらに，

$$Y_D=d_0+d_1z+d_2z^2,\quad Y_S=f_0+f_1z+f_2z^2\cdots\cdots(20\,\mathrm{a,b})$$

を設定し，このシステムにおける構造方程式の識別条件が満たされることを示している．ただしこの識別性には，式（20）の存在の前提が重要な役割を演じていると考えられる．a~d, f は，識別されるべきパラメータである．

Mendelsohn[18]の単一市場における構造方程式の識別可能性の導出は非常に斬新的ではあるが，Bartik[20]によって，需要者（供給者）の特性に観察されていない変数が存在する，すなわち

$$\theta_z(z\,;Y_D)=b_0+b_1z+b_2Y_D+b_3Y_U+e_D$$
$$=b_0+b_1z+b_2Y_D+e_D'\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots(21)$$

のように非観察変数 Y_U があると，Mendelsohn のモデルでは構造方程式の識別ができないことが示されている．

また，単一市場の場合における D の存在が，需要関数や供給関数には入ってこない他の分離された特性だとしても，需要者（あるいは供給者）に非観察変数や観察誤差がある場合には D は適切な操作変数とはならず，二段階最小二乗法などによる推定は偏りをもってくることもBartik[19]によって示されている．これは，式（21）の誤差項 e_D' が需要者の観察されなかった特性を含んでいるため D と相関が生じてくることによる．このことは，Epple[11]や Kahn and Lang[21]によってもそれぞれ独立に，識別可能性の問題と妥当な操作変数の存在について指摘されている．

ところで，需要者の観察誤差がなく，Brown, Diamond and Smith, Mendelsohn らの示した識別条件を満たす場合について，1特性を例としてKahn and Lang[21]が具体的な推定方法まで言及している．そこでの結論を複数の特性の場合までに拡張すると，単一市場における構造方程式の推定には以下の手順が考えられる．

第1段階で，まずヘドニック市場価格関数についてパラメータの一致推定量を得る．ただし，そこでは限界付け値関数の説明変数には入ってこない特性か，もしくは冪乗項の存在が不可欠である．第2段階では，限界付け値関数のシステムを同時推定する．ただし行動方程式の識別条件を満たすためには十分な外生変数が必要となる．また，通常ヘドニック価格関数の Box-Cox 変換などによるパラメータについての非線形性構造方程式間の誤差項に相関があるため，操作変数を用いた非線形反復三段階最小二乗法によってより効率的な推定値が得られることになる．ただしこの場合，Ohsfeldt and Smith[22]によって示されたように，操作変数として用いる外生変数について十分な限界価格を変動させるような分散がないと，得られた推定値は Murray[23]によって名付けられた「spurious correlation（見せかけの相関）」が現れ，推定された限界付け値関数のパラメータは限界価格関数のパラメータを反映しているに過ぎなくなってくる．

b）複数の住宅市場での識別可能性

複数の住宅市場における構造方程式の推定においては，従来，「ヘドニック市場価格関数は市場間で異なるが，需要者の選好構造や供給者の生産構造は市場間で同質であり，これらはその特性ベクトルによってシフトするものである」と若干制約的に仮定されている．

通常，ヘドニック価格関数は非線形であるので，各特性 z_i について明示的に解くことができない．したがって，均衡条件式について識別可能性を考えることになる．

n 個の住宅特性がある場合，需要者の均衡条件式は，

$$p_i(z,D)=\theta_i(z\,;y,Y_D)+e_{Di},\quad i=1,\cdots,n\cdots\cdots\cdots\cdots(22)$$

と表せる．このシステムでは，n 個の方程式に対して，n 個の内生変数 z と追加的な内生変数 p_i が n 個ある．各方程式が識別されるためには，（22）のそれぞれに $n+1$ 個の内生変数（p_i, z_1, …, z_n）があることから，少なくとも n 個のパラメータ制約か，あるいは特性需要の各方程式からそれぞれ n 個以上の除外された外生

変数がなくてはならないことになる．

図—3からだと直感的には，独立な変動をする外生変数は1つでよい，すなわち2つの住宅市場で十分であるかのように思われる．しかしながら，以下の例で示すように，これは特性が1つの場合に限られる．

$$p_1=p_1(z_1,D) \quad \cdots\cdots (23\,a)$$

$$\theta_1=\theta_1(z_1\,;y,Y_D) \quad \cdots\cdots (23\,b)$$

$$p_1=\theta_1 \quad \cdots\cdots (23\,c)$$

この式(23)の体系ように住宅特性が z_1：1つの場合は，伝統的な需給関数の識別の問題と同様に，D の存在によって限界付け値関数（23 b）の識別が可能となる．特性が2つになると，均衡条件の体系式は，

$$p_1=p_1(z_1,z_2,D) \quad \cdots\cdots (24\,a)$$

$$p_2=p_2(z_1,z_2,D) \quad \cdots\cdots (25\,a)$$

$$\theta_1=\theta_1(z_1,z_2\,;y,Y_D) \quad \cdots\cdots (24\,b)$$

$$\theta_2=\theta_2(z_1,z_2\,;y,Y_D) \quad \cdots\cdots (25\,b)$$

$$p_1=\theta_1 \quad \cdots\cdots (24\,c)$$

$$p_2=\theta_2 \quad \cdots\cdots (25\,c)$$

となる．関数の非線形性から，限界付け値関数の右辺にその需要関数の特性以外の特性水準が説明変数として入ってくる．ここでもし，これらが何らかの条件によって当該方程式から除外されるかパラメータについての先験的制約条件があると，あたかも複数の財の市場においてそれぞれに D という外生変数があるかの如く識別できることになる．しかしながら，そうでなければ，識別されるためには，上の場合の D はスカラーではなく，少なくとも2次元以上の線形独立なベクトルでなければならないことになる．これは必ずしも3つ以上の住宅市場のデータが必要であるという意味ではない．したがって，有効な識別が行えるためには，選択される付け値関数形とその背後の効用関数の特定化について，識別条件との整合性を保てるよう十分な配慮が必要とされる．

Ohsfeldt and Smith[24]は，3つの住宅特性の場合について，タイム・トレンド変数を外生変数として含む二次形式のヘドニック価格関数と線形の限界付け値関数といった特定化で，構造方程式を識別し推定する試みを仮設のデータを用いて行っている．さらに，操作変数として採用された外生変数の変動が十分大きければ，構造方程式のパラメータは有効に識別されることをシミュレーション分析によって示唆している．

またKahn and Lang[21]は，単一市場の場合だけでなく複数市場における識別性と推定方法についても，1特性の場合についてではあるが，具体例を提示している．そこではマーシャル型の需要関数を前提として，ヘドニック市場価格関数の限界価格方程式とから限界価格を消去した形での住宅特性についての需要関数の誘導形を導き，最終的には非線形の加重三段階最小二乗法によって，ヘドニック価格関数とこの導かれた需要関数の誘導方程式を同時推定することで効率的なパラメータ推定値が得られることを例示している．

（4） 関数の特定化による識別困難性の克服

このような需給関係の識別に関する困難性を克服するもう1つの方法としては，推定する関数形に先験的な制約をおくことが考えられる．Quigley[25]は，効用関数を一般化CESの形に特定化することによって，住宅の需要関数の推定をおこなっている．一般化CES型の効用関数は，家計の選好が同質であるという仮定の下で，

$$U=\sum\beta_i z_i^{\gamma_i}+x^{\varepsilon}, \quad (i=1,\cdots,n) \quad \cdots\cdots (26)$$

と書ける．ここで，β，γ，ε は推定されるパラメータである．式（26）を $y=x+p\,(z)$ という家計の予算制約条件の下で最大化すると，n 個の一階の条件式

$$ln\frac{\partial p(z)}{\partial z_i}=ln\frac{\beta_i\gamma_i}{\varepsilon}+(\gamma_i-1)\,ln\,z_i-(\varepsilon-1)\,ln\,x \quad \cdots\cdots (27)$$

が導かれる．Quigleyの方法は，第1段階でBox-Cox変換を用いて市場価格関数 $p=p\,(z)$ を推定しておき，その偏微分値 $\partial p\,(z)/\partial z_i$（$i=1,\cdots,n$）を各サンプルについて計算する．そして，第2段階でこれらの値を式（27）の左辺に代入し，n 本の方程式を ε がすべての方程式において等しいという方程式間の制約条件のもとで同時に推定する．これによって，需要価格関数（27）が推定され，各特性に対するwillingness to pay（支払容認額）が求められることになる．このようなQuigleyの方法は，効用最大化の点での情報を用いて，特定化した関数の無差別曲線を推定するという考え方である．

Horowitz[26]は，このQuigleyの方法について，一階の条件式（27）にヘドニック価格関数を代入すると個々のパラメータの識別が不可能になることを指摘している．そこで，観察されなかった住宅属性をヘドニック価格関数と効用関数にそれぞれ誤差項として明示的に導入し，ヘドニック価格関数と付け値関数を同時に推定する最尤推定法を提案している．

パラメータ推定が比較的簡単に行える需要関数の推定方法がKanemoto and Nakamura[27]によって提案されている．この方法は住宅価格を決める特性について，その全てをデータとして利用できない場合に，その観察されない特性を価格関数の誤差項に明示的に考慮することによって付け値関数の識別を可能にしようとするものである．住宅価格を構成する特性のうち観察されなかった特性をベクトル ξ で表す．すると，効用関数は，$U=U\,(x,z,\xi\,;\alpha)$ となる．ある効用水準 u に対して，市場価格関数と付け値関数との関係は，ヘドニック理論から

$$\begin{aligned} p&=p(z,\xi)\\ &=\max_{(y)}\theta(z,\xi\,;y,u(y))\\ &\equiv\max_{(y)}\theta^*(z,\xi\,;y) \quad \cdots\cdots (28)\end{aligned}$$

と表せる．ここで，ベクトル y は家計の所得 y と嗜好のパラメータ α を含む $y\equiv(y,\ \alpha)$ である．この式（28）の関係から，住宅［z, ξ］を購入する家計について，

$$y=y(z,\xi) \cdots\cdots (29)$$

という関係式が導かれる．これはMendelsohn[18]が識別に使ったのと同様だが彼とは独立な考え方である．さて式（28）における付け値関数 θ^* の推定方法を論文では $(z,\ \xi)\equiv\{z_1,\ z_2,\ \xi_1,\ \xi_2\}$ で y がスカラーである場合について，二次形式の付け値関数を例にとって示している．市場価格関数と付け値関数との関係より，付け値関数の最大化条件式を用いて市場価格関数 p が導ける．

（5） 推定における誤差の問題

ヘドニック・モデルにおいては，観察されなかった変数による誤差，価格や特性値の観察誤差，さらに代理変数を用いたことによる測定誤差など，誤差項間や誤差項と各変数との間の従属性の問題が構造方程式の識別問題と関連し，同時に推定方法を制限してくる．

観察されなかった住宅特性がヘドニック価格関数の推定に存在する場合や観察誤差のある場合，また需要者の特性について除かれた変数が存在する場合など，比較的実証分析において直面しそうな誤差の問題については，すでに各節において断片的に述べた．これら様々な誤差の存在の場合についての識別性の基準（オーダー条件）が，Epple[11]によって一般的かつ包括的に示されている．

4. 実証分析の展望

社会資本整備などに伴って生じる無視できない環境の変化に対する便益の計測には，需要者の限界評価関数である付け値関数の推定が重要な意味を持ってくる．本稿では，ヘドニック理論を適用して実証分析を行う際に，特に住宅市場に焦点を当てて市場価格関数の推定，住宅特性に対する需要関数の識別問題，推定方法などに関して，最近の研究成果を踏まえて説明してきた．

今日まで住宅市場を対象として，その個々の特性や環境に対する需要関数の推定にRosenのヘドニック・モデルがいくつか適用されてきているが，本稿で示した観点からするといくつか問題点が指摘される．たとえば，Witte et al[28]．は複数住宅市場からのデータでRosenのモデルをそのまま適用し，付け値関数とオファー関数を推定しているが，そこでは本稿で示したヘドニック・アプローチに固有の識別（不可能）性の問題が存在している．またHarrison and Rubinfeld[29]は，供給条件が外生的（非弾力的）という前提のもとで従来型の識別問題を克服しているが，住宅のヘドニック価格関数が非線形であることから生じる同時性についての問題は解決しておらず，最小二乗法による需要関数の推定値は一致推定量を与えていない，という問題点がある．

今後日本においてもヘドニック需要関数についての実証研究の積み重ねが望まれるが，2.の（1）で述べたようなサンプリングに加えて，例えば東京圏と大阪圏といった複数の住宅市場，また数時点の時系列のデータの，しかもミクロ・データの活用が必要になってくる．そこでの市場価格関数の推定は2.の（2）で示したように綿密に行う必要があるが，限界付け値関数の推定に当たっては，その形状は効用関数を特定化しない限り，先験的に決めなければならない．しかしながら，効用関数をより一般的な形で特定化すると，そこから導かれる限界付け値方程式体系を同時推定することはそれだけより困難になってくるという効用関数形と限界付け値関数形の間のトレードオフ問題が存在する．Ohsfeldt[30]は，ヘドニック・モデルにおける同時性と識別可能性の問題を認識したOhsfeldt and Smith[24]のモデルをヒューストン地域の時系列データを用いて限界付け値関数を推定したものであるが，そこでも住宅属性は3，4つに限定された市場価格関数から，線形に特定化した限界付け値方程式群を加重三段階最小二乗法で推定したものとなっている．これは価格関数の非線形性，すなわち非線形の予算制約式にその原因があるのだが，Quigley[25]の効用関数の特定化方法以外に，Palmquist[31]が行ったように，需要者の所得や社会・経済特性を操作変数として最適点での予算制約式の線形近似を利用して需要関数を推定する方法も考えられる．ただし，そこではEpple[11]が指摘したように，需要者側に観察されなかった特性がなければ，この推定値は適切となる．Bartik[32]は，需要者の観察されなかった特性が存在する場合についての推定上の同時性バイアスの問題を取り上げ，操作変数を採用した需要関数の推定をおこなっているが，今後は観察されなかった変数も含めた観察誤差を考慮した上での，ある程度弾力的な効用関数，あるいは限界付け値関数に基づいた推定が必要となってくる．

参 考 文 献

1) Rosen, S. : Hedonic prices and implicit market, *J.Polit.Econ.*, Vol.82, pp.34～55, 1974.
2) 太田誠：品質と価格，創文社，1980.
3) 金本良嗣・中村良平：環境の経済的価値，環境情報科学，Vol. 13, No. 2, pp. 12～18, 1984.
4) 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, No. 4, pp. 251～266, 1989.
5) Box, G.E.P and Cox, D.R. : An analysis of transformations, *J. R. Stat. Soc .Ser.B,* Vol.26, No.2, pp.211～243, 1964.
6) Halvorson, R. and Pollakowski, H. : Choice of functional form for hedonic price equations, *J. Urban Econ.*, Vol.10, pp.37～49, 1981.
7) Cassel, E. and Mendelsohn, R. : The choice of functional forms for hedonic price equations : Comment, *J. Urban Econ.*, Vol.18, pp.135～142, 1985.

8) Rasmussen, D.W. and Zuehle, T.W. : Choice of functional form for hedonic price functions, *Applied Economics*, Vol.22, pp.431～438, 1990.
9) Cropper, M.L., Deck, L.B. and McConnell. K.E. : On the choice of functional form for hedonic price functions, *Rev. Econ. Stat.*, Vol.70, pp.668～675, 1988.
10) Wheaton, W.C : Linear programming and locational equilibrium : The Herbert Stevens model revisited, *J. Urban Econ.*, Vol.1, pp.278～287, 1974.
11) Eppele, D : Hedonic prices and implicit markets : Estimating demand supply functions for differentiated products, *J. Polit. Econ.*, Vol.95, No.1, pp.59～80, 1987.
12) Graves, P.G, J. C.Murdoch, Thayer, M.A., and Waldman, D. : The robustness of hedonic price estimation : Urban air quality, *Land Econ.*, Vol.64, pp.220～233, 1988.
13) Dian, T.M. and Miranowski, J.A. : Estimating implicit price of energy efficiency improvements in the residential housing market : A hedonic approach, *J. Urban Econ.*, Vol.25, pp.52～67, 1989.
14) Brown, J. and Rosen, H. : On the estimation of structural hedonic price models, *Econometrica*, Vol.50, pp.765～768, 1982.
15) Brown, J. ; Structural estimation in implicit markets, in Tiplett, J.E., ed., *The Measurement of Labor Cost*, Chicago University Press, 1983.
16) McConnell. K.E. and Phipps, T.T. : Identification of preference parameters in hedonic models, *J. Urban Econ.*, Vol.22, pp.35～52, 1987.
17) Diamond, B.D. and Smith, B.A. : Simultaneity in the market for housing characteristics, *J.Urban Econ.*, Vol.17, pp.280～292, 1985.
18) Mendelsohn,R. : Identifying structural equations with single market data, *Rev. Econ. Stat.*, Vol.67, pp.525～529, 1985.
19) Wegge, L.L. : Identifiability criteria for a system of equations as a whole, *Austral. J. Stat.*, Vol.7, pp.67～77, 1965.
20) Bartik, T.J. : Estimating hedonic demand parameters with single market data : The problems caused by unobserbed tastes, *Rev. Econ.Stat.*, Vol.69, pp.178～180, 1987.
21) Kahn, S. and Lang, K. : Efficient estimation of structural hedonic systems, *Internat. Econ. Rev.*, Vol.29, pp.157～166, 1988.
22) Ohsfeldt, R.L. and Smith, B.A. : Estimating the demand for heterogeneous goods, *Rev.Econ.Stat.*, Vol.62, pp.165～171, 1985.
23) Murray, M.P. : Mythical demands and mythical supplies for proper estimation of Rosen's hedonic price model, *J. Urban Econ.*, Vol.14, pp.327～337, 1983.
24) Ohsfeldt, R.L. and Smith, B.A. : Assessing the structural parameter estimation in analyses of implicit markets, *Land Econ.*, Vol.64, pp.135～146, 1988.
25) Quigley, J.M. : Nonlinear budget constraints and consumer demand : An application to public programs for residential housing, *J. Urban Econ.*, Vol.12, pp.177～201, 1982.
26) Horowitz, J.L. : Identification and stochastic specification in Rosen's hedonic price model, *J. Urban Econ.*, Vol.22, pp.165～173, 1987.
27) Kanemoto, Y. and Nakamura,R. : A new approach to the estimation of structural equations in hedonic models, *J. Urban Econo.*, Vol.19, pp.218～233, 1986.
28) Witte, A.D., Sumka, H.J. and O.H. Erekson : An Estimate of a structural hedonic price model of the Rosen's theory of implicit markets, *Econometrica*, Vol.47, pp.1151～1173, 1979.
29) Harrison, D. and Rubinfeld, D. : Hedonic housing price and the demand for clean air, *J.Environ. Econ. Manage.*, Vol.5, pp.81～102, 1978.
30) Ohsfeldt, R.L. : Implicit markets and the demand for housing characteristics, *Reg. Sci. Urban Econ.*, Vol.18, 321～343, 1988.
31) Palmquist, R.B. : Estimating the Demand for the Characteristics of Housing, *Rev. Econ. Stat.*, Vol.66, pp.394～404, 1984.
32) Bartik, T.J. : The estimation of demand parameters in hedonic price models, *J. Polit. Econ.*, Vol.95, No.1, pp.81～88, 1987.

(1992. 3. 9 受付)

EMPIRICAL PROBLEMS IN THE HEDONIC APPROACH

Ryohei NAKAMURA

Rosen's hedonic price model is widely used for estimating the market price function, the demand for housing attributes and the welfare consequences of public policy that affect housing attributes. There are, however, some problems in applying Rosen's model to emprical studies. This paper reviews issues of empirical problems in estimating hedonic price function and housing demand function concerning simultaneity and identification of the structural hedonic equations.