

令和 5 年 5 月 17 日現在

機関番号：13201

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2019～2022

課題番号：19K01589

研究課題名（和文）ヘドニック・アプローチによる住宅価格分析と計量経済学的方法の改善

研究課題名（英文）House Price Analysis by Hedonic Approaches and Improving Econometric Methods

研究代表者

唐渡 広志 (Karato, Koji)

富山大学・学術研究部社会科学系・教授

研究者番号：00345555

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,900,000円

研究成果の概要（和文）：分析に利用されるデータは、実際に売買が成立した商品からなるため、オークション市場での価格にはサンプル・セレクション・バイアスが生じている。ヘドニック・アプローチにおける計量経済学的手法の改善の一つとして、セレクション・バイアスのあるオークション市場価格を利用して、exponential type II Tobit model による価格指数の計測方法を提案した。分析の結果、セレクション・バイアスを考慮しない最小2乗法による価格指数は、対数価格の条件付き期待値の差分を用いて定義した価格指数に比べて4.3%下方にバイアスをもつことが示された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近年、都市部やその郊外を中心にして、過去の高度経済成長期以降（1960 - 80年代）に建てられたマンションや戸建て住宅の老朽化がはじまっている。また、市場で売買できなくなった空き家不動産も確実に増大しており、今後その膨大な資産を活かすための制度・政策の策定が求められる。住宅や土地などの不動産は国民資産の多くを占め、その価値の適切な評価は市場取引や課税などにおいてきわめて重要である。そのため、価格指数や経年が住宅価格に与える効果を適切に測るための手法が必要である。本研究は、価格指数の計測方法に関して新しい手法を提案しており、国が持つ膨大な資産の有効利用の一助になると考えられる。

研究成果の概要（英文）：Auctions are frequently used in various markets, including real estate. Since the data used in the analysis consist of products that have actually been sold, there is a sample selection bias in prices in the auction market. As an improvement of the econometric method in the hedonic approach, we proposed a price index measurement method based on the exponential type II Tobit model using auction market prices with selection bias. As a result of the analysis, it was shown that the price index by the least squares method that does not consider the selection bias has a downward bias of 4.3% compared to the price index defined using the difference in conditional expected values of logarithmic prices.

研究分野：応用計量経済学

キーワード：オークション市場 セレクション・バイアス ヘドニック価格 落札率

1. 研究開始当初の背景

住宅や土地などの不動産は国民資産の多くを占め、その価値の適切な評価は市場取引や課税などにおいてきわめて重要である。そのため、市場全体の動向の参考となる価格指数を適切に測定するための手法が必要である。広い意味での資産には、金融資産に加えて非金融投資としての芸術作品も含まれている。金融市場がグローバル化している今日において、投資家がポートフォリオを多様化するために、金融商品以外の魅力的な代替投資先を発見することも一般に重視されており、芸術作品を資産として捉えた場合の価格決定メカニズムやポートフォリオ管理に多くの関心が向けられている。

伝統的な資産価格理論の焦点の多くが、マクロ経済・貨幣経済を背景とした価格決定モデルの決定であるのに対して、住宅、美術品、棚卸資産などの個別性の高い資産を対象とした場合、市場の態様を実証的に把握することを目的として、ヘドニック・アプローチ（あるいはリピート・セールス法）を利用することが多い。

2. 研究の目的

日本国内の芸術作品市場のうち 2006 年から 2019 年までの間に開催されたオークションでの価格決定に注目した統計分析を行い、資産とみなした芸術作品の価格指数を計測することである。特に、研究事例が少ないことに鑑みて、対象を日本人芸術家によるものに限定している。芸術作品の国内市場は、画廊や百貨店などの 1 次流通における販売が 8 割以上を占め、転売を含むオークション等の 2 次流通が 6%となっている。海外の事例と異なり、日本国内のオークション市場自体がそれほど大きくないため、本研究の対象は先行事例としての価値もあるものとする。実際に、日本の芸術作品オークション市場は、日本経済の重要な部分を形成しておらず、Sotheby's（サザビーズ）や Christie's（クリスティーズ）などの主要なオークション・ハウスは、日本での定期的なオークションを開催していないことからわかるように世界の投資家にとって謎に包まれた市場であるといえるかもしれない。その意味で日本国内の市場を対象として扱うことには価値がある。

本研究の第 1 の特徴は、オークション市場において落札された芸術作品だけを価格指数計測の対象としてしまうことによる標本選択バイアスを回避する手法を提案している点である。先行研究におけるヘドニック・アプローチを利用した価格指数計測では、落札された芸術作品だけを対象としている。

この場合、ランダムに選ばれた作品の価格が観察されているのではなく、出品側であるオークション・ハウスの留保価格を超える値付けがなされた価格だけが選ばれていると考えることができる。統計的なヘドニック価格をモデル化する場合、価格の誤差の期待値はゼロにはならずバイアスをもつ。本論文では、サンプルの選択（落札されたか否か）に関するモデルとアウトカム・モデル（ヘドニック価格モデル）を同時に考慮して価格推定を行う。

第 2 の特徴は、出品側のオークション・ハウスが提示する参照価格（予想落札価格の範囲）が、入札率と落札価格に直接および間接的に与える効果を統計的に明らかにしている点である。インターネット・オークションにおける事例として、商品に対する参照価格を提示することが人々の入札行動や落札価格にどのような影響をもたらしているのかを明らかにした研究が既にいくつか行われている。本論文では、参照価格の提示は落札価格を直接押し上げるが、高すぎる参照価格は入札率を低下させ、標本そのものを変動させるのではないか

という点を検証する。参照価格を高く設定すれば入札は慎重になり、不落札になる可能性が高まる。オークションでの不落札は作品価値に対して負の影響をもたらす可能性があるので、出品者側あるいはオークション・ハウスは最終的な入札価格を十分に押し上げる参照価格設定を行うことが予想される。

3. 研究の方法

ヘドニック回帰モデルとヘドニック価格指数

ヘドニック・アプローチは、回帰分析を使用してさまざまな属性の価格を推定する方法である。いくつかの先行研究と同様に、芸術資産の価格は、作品の特性、作品のジャンル、アーティストの個性などの属性束で構成されるヘドニック回帰モデルとして表現することができる。作品の特性に関連する変数を対数価格に回帰したヘドニック回帰モデルを次のように書く。

$$\log P_{it} = \beta_t + \gamma_R \log(R_{it} + 1) + \mathbf{X}'_i \boldsymbol{\gamma} + \epsilon_i, \quad (1)$$

ここで、従属変数 $\log P_{it}$ は作品 $i = 1, 2, \dots, n$ および年次 $t = 0, 1, 2, \dots, T$ の落札価格の対数值、 α は定数項の係数、 β_t は落札された年次 t の時間効果（つまり、 t 年次ダミー変数の係数）、 R_{it} はオークション・ハウスが提示する参照価格、 γ_R は対応する係数、 \mathbf{X}_i は定数項を含む次に示すその他の説明変数ベクトル：

- オークション開催時期についての四半期ダミー変数,
- 油絵、版画および陶芸などの作品のジャンルのダミー変数,
- 作品のサイズ（長辺の長さ）のダミー変数,
- オークション・ハウス会場のダミー変数,
- 亀裂、欠陥など作品の状態をレポートした文書（コンディション・レポート）に含まれるコメントをカテゴリー化したダミー変数,
- 作成した芸術家名のダミー変数,

$\boldsymbol{\gamma}$ は対応する係数ベクトル、 ϵ_i は同時独立の正規分布 $N(0, \sigma^2)$ にしたがう誤差項である。説明変数を所与とすると、対数価格の期待値は、 $E(\log P_{it}) = \beta_t + \gamma_R \log(R_{it} + 1) + \mathbf{X}'_i \boldsymbol{\gamma}$ である。期間 0 と t の間の対数価格の変化（つまり価格変化率）は $\Delta_t = E(\log P_{it}) - E(\log P_{i0}) = \beta_t + \gamma_R [\log(R_{it} + 1) - \log(R_{i0} + 1)]$ である。ここで、第 0 時点の時間ダミー変数 β_0 は、ダミー変数トラップを回避するために省略されている。したがって、基準時点 0 に対する参照時点 t のヘドニック価格指数 (hedonic price index) を次のように定義する。

$$HPI_t = \exp(\hat{\beta}_t) \cdot \left(\frac{\bar{R}_t + 1}{\bar{R}_0 + 1} \right)^{\hat{\gamma}_R}, t = 0, 1, \dots, T \quad (2)$$

ここで、 $\hat{\beta}_t, \hat{\gamma}_R$ は最小 2 乗推定量、 \bar{R}_t は観測時点ごとの参照価格平均値である。参照価格に変動がない、もしくは係数 $\gamma_R = 0$ が棄却できないのであれば、ヘドニック価格指数は時間効果だけを利用して計測を行うことができる。

選択メカニズム

芸術作品のオークション市場では落札されない作品も数多くある。そのため、(1) 式を最小 2 乗法で推定すると、販売された作品だけを観察した分析となるので、標本選択バイアスが生じる。落札価格における標本選択バイアスを回避するには、次の選択メカニズムを考慮する必要がある。

$$B_{it}^* = b_t + \theta_R R_{it} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta} + u_i$$

$$i = 1, 2, \dots, n; t = 0, 1, \dots, T \quad (3)$$

ここで、 B_{it}^* は芸術作品が落札されたかどうか（サンプルが観察されたかどうか）を示す潜在変数、 b_t は販売された年次 t の時間効果（つまり、 t 年次ダミー変数の係数）、 θ_R は参照価格 R_{it} に対応する係数、 \mathbf{Z}_i は 定数項を含む作品や製作した芸術家に関する次の説明変数ベクトル：

芸術家の生年をカテゴリー化したダミー変数、
 芸術家の死後経過年数をカテゴリー化したダミー変数、
 オークション開催時期についての四半期ダミー変数、
 油絵、版画および陶芸などの作品のジャンルのダミー変数、
 作品のサイズ（長辺の長さ）のダミー変数、
 オークション・ハウス会場のダミー変数、
 芸術家の過去のオークションにおける総出品数、

$\boldsymbol{\theta}$ は \mathbf{Z}_i の係数ベクトル、 u_i は標準正規分布にしたがう誤差項である。

(1) 式において、落札された芸術作品に標本を限定するときの価格を次のように書くものとしよう。

$$P_{it}^* = \exp(\beta_t + \gamma_R \log(R_{it} + 1) + \mathbf{X}_i' \boldsymbol{\gamma} + \epsilon_i). \quad (4)$$

潜在変数に対する 2 項変数 B_{it} と落札されなかった芸術作品をも含む落札価格 P_{it} は次の条件式で与えられる。

$$B_{it} = \begin{cases} 1 & \text{if } B_{it}^* > 0 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$P_{it} = \begin{cases} P_{it}^* & \text{if } B_{it}^* > 0 \\ \text{N.A.} & \text{otherwise} \end{cases}.$$

芸術作品が販売された場合 ($B_{it} = 1$ のとき)、落札価格は P_{it}^* に等しく、それ以外の場合には欠損値である。(3) 式と (4) 式における誤差項 u_i, ϵ_i は同時正規分布にしたがい、 $E(u_i) = 0$, $E(u_i^2) = 1$, $E(\epsilon_i) = 0$, $E(\epsilon_i^2) = \sigma^2$, and $E(\epsilon_i u_i) = \rho\sigma$ であるものとする。ただし ρ は ϵ_i と u_i の相関係数を示している。落札確率は $\Pr(B_{it}^* > 0) = \Pr(b_t + \theta_R R_{it} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta} + u_i > 0)$ であるから、 $\log P_{it}^*$ やその他の説明変数を所与とするとき、標準正規分布での落札確率は次のように書ける。

$$\Pr(B_{it} = 1 | \log P_{it}^*, R_{it}, \mathbf{X}_i, \mathbf{Z}_i) = \Phi \left(\frac{\check{u}_{it} + \frac{\rho}{\sigma} \cdot \check{\epsilon}_{it}}{\sqrt{1 - \rho^2}} \right)$$

ここで、 Φ は標準正規分布の累積確率関数であり、 $\check{u}_{it} = b_t + \theta_R R_{it} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta}$ および $\check{\epsilon}_{it} = \log P_{it}^* - \beta_t - \gamma_R \log(R_{it} + 1) - \mathbf{X}_i' \boldsymbol{\gamma}$ である。このようなサンプル・セレクション・モデルを推定するために最尤法が利用可能である。完全対数尤度関数は、選択されない場合の確率 $\Pr(B_{it} = 0)$ と選択される場合の確率 $\Pr(B_{it} = 1) \times \phi(\epsilon_i | B_{it} = 1)$ のデータで構築される。ただし、 ϕ は標準正規分布の確率密度関数である。指数のアウトカム関数の場合には、Wooldridge による Exponential Type II Tobit model (Wooldridge 2010 pp.697-703) を利用して完全情報最尤法でパラメータ推定を行うことができる。

選択バイアスを考慮した条件付きヘドニック価格指数

Exponential Type II Tobit model の推定によって得られるパラメータから条件付きヘドニ

ック価格指数を計測する手法を説明しよう。まず、対数価格の条件なし期待値 (UELP; unconditional expectation of log-price) は、落札確率をウェイトとする落札された場合の対数価格と落札されなかった場合の対数価格の加重和で計算できる。一方、 $B_{it}^* > 0$ の条件のもとでの対数価格期待値 (CELP; conditional expectation of log-price) は次のように書ける。

$$E(\log P_{it}^* | R_{it}, X_i, B_{it}^* > 0) = \beta_t + \gamma_R \log(R_{it} + 1) + X_i' \gamma + \rho \sigma \lambda(b_t + \theta_R R_{it} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta}), \quad (5)$$

ここで、(4)式の誤差項 ϵ_i は $B_{it}^* > 0$ という条件のもとで切断された正規分布にしたがうので、その期待値はゼロとはならない。また、関数 $\lambda(\cdot)$ は逆ミルズ比を示している。基準時点 0 と参照時点 t の間の CELP の差分は

$$\Delta_t^C = \beta_t + \gamma_R [\log(R_{it} + 1) - \log(R_{i0} + 1)] + \rho \sigma [\lambda(b_t + \theta_R R_{it} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta}) - \lambda(\theta_R R_{i0} + \mathbf{Z}_i' \boldsymbol{\theta})],$$

となる。ただし、 $b_0 = 0$ とする。CELP の差分 Δ_t^C を用いると、基準時点 0 に対する参照時点 t の条件付きヘドニック価格指数 (conditional hedonic price index) は次のようになる。

$$CHPI_t = \exp(\tilde{\beta}_t) \cdot \left(\frac{\bar{R}_t + 1}{\bar{R}_0 + 1} \right)^{\tilde{\gamma}_R} \cdot \exp[\tilde{\rho} \tilde{\sigma} (\bar{\lambda}_t - \bar{\lambda}_0)], \quad t = 0, 1, \dots, T \quad (6)$$

ここで $\tilde{\beta}_t, \tilde{\gamma}_R, \tilde{\rho}, \tilde{\sigma}$ は最尤推定値であり、 $\bar{R}_0, \bar{R}_t, \bar{\lambda}_0, \bar{\lambda}_t$ は各時点の平均値で評価した値である。すなわち、条件付きヘドニック価格指数は、時間効果、参照価格比、および落札率の変化がもたらす選択バイアスの 3 点からなる要素の変動で構成されていることがわかる。

参照価格が落札価格に与える効果

(5)式で示されているように、参照価格が落札価格に与える効果は、(1)式における直接影響している部分と参照価格が落札率を変動させることで逆ミルズ比が変化する間接的な部分に分けることができる。これを弾力性 (参照価格が 1% 変化するときの落札価格の変化率 $\partial \log P^* / \partial \log R$) で表現すると

$$\tilde{e}_t = \bar{R}_t \left(\tilde{\gamma}_R \frac{1}{\bar{R}_t + 1} - \tilde{\rho} \tilde{\sigma} \tilde{\theta}_R (\bar{\mu}_t \cdot \bar{\lambda}_t + \bar{\lambda}_t^2) \right), \quad t = 0, 1, \dots, T \quad (7)$$

が得られる。ただし、 $\bar{\mu}_t$ は 2 項選択確率を決定する線形予測子を平均値で評価した値 $\bar{\mu}_t = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\hat{b}_t + \hat{\theta}_R \bar{R}_{it} + \mathbf{Z}_i' \hat{\boldsymbol{\theta}})$ である。参照価格弾力性の大きさは、 $\tilde{\gamma}_R, \tilde{\theta}_R$ や誤差項の相関係数 $\tilde{\rho}$ の符号条件などによって決まっていることがわかる。

4. 研究成果

分析に利用されるデータは、実際に売買が成立した商品からなるため、オークション市場での価格にはサンプル・セレクション・バイアスが生じている。ヘドニック・アプローチにおける計量経済学的手法の改善の一つとして、セレクション・バイアスのあるオークション市場価格を利用して、exponential type II Tobit model による価格指数の計測方法を提案した。分析に利用したオークションデータの落札率は、年々低下する傾向を示しており、セレクション・バイアスの程度も每期異なっている可能性がある。最尤法を利用してオークション価格および落札確率を同時推定すると、逆ミルズ比の条件付き差分は年々上昇している傾向が確認された。このことは、落札率と価格変動の間に一定の相関があることを示している。分析の結果、セレクション・バイアスを考慮しない最小 2 乗法による価格指数は、対数価格の条件付き期待値の差分を用いて定義した価格指数に比べて 4.3% 下方にバイアスをもつことが示された。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 0件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 3件）

1. 著者名 唐渡広志	4. 巻 No.136 Vol.35 No.1
2. 論文標題 気候変動対策の経済学	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 日本不動産学会誌	6. 最初と最後の頁 38-41
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5736/jares.35.1_38	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 唐渡広志・武井昭仁	4. 巻 1
2. 論文標題 アート価格の形成要因	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 QUICKホワイトペーパー	6. 最初と最後の頁 1-36
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Koji Karato	4. 巻 328
2. 論文標題 Asset price indices for Japanese art auction market: An application to the Japanese artist	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Working Paper, No.328, 2020, School of Economics, University of Toyama	6. 最初と最後の頁 1-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.15099/00020069	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 唐渡広志	4. 巻 107
2. 論文標題 人口減少下での都市縮退	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 都市住宅学	6. 最初と最後の頁 20-24
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 Koji Karato	4. 巻 351
2. 論文標題 An Essay on The Relationship Between Suburban Location Regulations for Large-Scale Customer-Attracting Facilities and City Center Revitalization Initiatives in Japan	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Working Paper, No.351, 2023, School of Economics, University of Toyama	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15099/00022276	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Koji Karato	4. 巻 357
2. 論文標題 Why is marital partner search in depopulated areas difficult?: Findings from the comparative interviews in urban and rural areas in Toyama Prefecture	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Working Paper, No.357, 2023, School of Economics, University of Toyama	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.15099/00022318	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計1件(うち招待講演 0件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 唐渡広志
2. 発表標題 アート・オークション市場における価格変動と落札率
3. 学会等名 資産評価政策学会
4. 発表年 2021年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

<http://www3.u-toyama.ac.jp/kkarato/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
--	---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------