

ヘドニックアプローチを用いた 交通インフラの整備効果の分析及び評価

山田 裕明¹・木附 晃実²・松永 千晶³・馬奈木 俊介⁴

¹学生会員 九州大学大学院 工学府都市環境システム工学専攻 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: 2TE17291E@kyushu-u.ac.jp

²非会員 九州大学助教 工学研究院環境社会部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: kitsu002@umn.edu

³正会員 九州大学助教 工学研究院環境社会部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: matunaga@doc.kyushu-u.ac.jp

⁴非会員 九州大学教授 工学研究院環境社会部門 (〒819-0395 福岡県福岡市西区元岡744)
E-mail: managi@doc.kyushu-u.ac.jp

地価データは土地属性や周辺の環境条件が反映されるデータであるが、それだけではなく位置座標を持つ空間的データであるとともに、一定間隔ごとに観察されている時系列データであるといった特徴がある。そのため、広範囲かつ長期的にとらえることで地価変動要因を統計的に分析できる可能性がある。便益として地価の空間的・時間的変動を分析することで新たな知見を得ることが出来ると考えられる。

本研究では、実際に行われた交通インフラ整備のプロジェクトを対象にヘドニックモデルを用いた空間的要因や時間的要因を考慮した地価形成要因分析を行うことで、時空間的視点からの検証をし、得られた知見からその整備についての評価と考察を行う。

Key Words : hednic approach, public transportation, geographic information system, benefit evaluation, space-time analysis

1. はじめに

(1) 背景と目的

鉄道建設プロジェクトをはじめ、道路建設プロジェクトや都市開発プロジェクトなどのインフラ整備は地域に大きな変化を与える可能性がある。これらのプロジェクトは長期間に亘るものであるため、プロジェクトの計画段階から終了後においてどのフェーズにおいて地域に大きな変化を与えたかを把握することが大切となる。これによって今後の新たなインフラ計画に活かしていくことが出来るため、プロジェクトの効果や影響を検証することは極めて重要である。

社会資本投資の便益は、ある一定の条件の下では、地価の上昇に帰着すると考えるキャピタリゼーション仮説というものがある。ヘドニックアプローチはこのキャピタリゼーション仮説に基づいているが、これまでインフラ整備や都市開発などの地域に大きな影響を及ぼす事例を対象にした費用便益分析においては、時間短縮効果やCVM法による支払意志額などを主要な便益として扱

ってきた。ヘドニックアプローチは、データの精度が低いと考えられていたため、社会インフラ整備の分析や評価においては用いられることが少なかったのである。

地価データは土地属性や周辺の環境条件が反映されるデータであるが、それだけではなく位置座標を持つ空間的データであるとともに、一定間隔ごとに観察されている時系列データであるといった特徴がある。そのため、広範囲かつ長期的にとらえ、地価変動要因を統計的に分析することでこれらの課題点を解決でき、新たな知見を得ることが出来ると考えられる。そのため、現在主流である費用便益分析に代わりヘドニックアプローチにより便益を分析することで、従来では計測されず見過ごされてきた新たな指標での分析や評価を実施することができ、それにより、今後のインフラ整備において開発を計画・実行していくうえでの新たな指針を見出すことが出来る可能性がある。そこで、本研究では九州新幹線を対象に計画段階から現在に至るまで、空間的要因や時間的要因を考慮してヘドニックモデルにより地価形成要因分析を行い、実際に九州新幹線のプロジェクトが進んで

いった中で、その時系列ごとにどのような影響をもたらしたのかを検証する。

(2) 既存研究と本研究の位置づけ

ヘドニックアプローチはRozen (1974) ³⁾によってミクロ経済理論と整合する理論展開がなされて以来大きく発展したもので、本来は環境質などの非市場財の価値の計測や社会資本整備プロジェクトがもたらす便益を計測する手法の一つであった。実際に国内外問わず、多くの便益評価手法として多くの事例で適用されてきた。

ヘドニック価格関数を推定するために用いられる不動産データには、距離の近い観測データが似たような傾向を持つという空間的依存性（空間的自己相関）が存在することが多い。例えば、地価データとして最も一般的な公示地価では、評価方法の一つとして、周囲の取引価格を参照しながら評価する取引事例比較法が用いられるため、結果として価格データに空間的な依存関係が発生する可能性がある。観測データに空間的な依存関係が存在している場合に、回帰モデルのパラメータを通常最小二乗法（OLS）を用いて推定すると、推定値の信頼性が低下することが知られている。これに関して、空間計量経済学や地球統計学を用いて、ヘドニック価格関数に空間的依存性を考慮する試みが、Can (1990, 1992) ²³⁾, Dublin (1988, 1992) ⁴⁵⁾によってはじめて行われ、現在では空間的な依存関係を考慮したモデルの構築に関して多くの研究事例が蓄積されている。

しかし、空間的要因を考慮したヘドニックアプローチを用いて実際に便益分析を行った既存研究は大変少ないことが分かる。社会インフラ整備といった題材に限定すると、Tsutsumi and Seya (2008) ⁶⁾, 堤, 瀬谷 (2009) ⁷⁾, 堤, 瀬谷 (2010) ⁸⁾があるのみである。

また、1980年代後半の日本に生じた、いわゆる「土地バブル」は、市場の参加者が合理的な行動を維持し続けるときの土地の価格、つまり理論地価と区別される。理論地価においては、日本の土地バブルの発生以降、野口 (1989) ⁹⁾をはじめとして理論地価についての実証研究が行われてきた。不動産データは、一定間隔ごとに観察されている時系列データであるといった特徴がある。例えば、日本の公示地価では、1970年代より継続的に高密度で調査されており、長期間定点観測されている地点も少なくない。このように長期間観測されている場合、年が異なると単純な比較はできず、時系列による相関を考慮しなければならない。しかし、ヘドニックアプローチといった観点からみると、時間的要因を考慮したを行った例は筆者らの知る限りほとんど存在しない。

以上を踏まえ、本研究では、特定の交通インフラ整備において既存の便益評価の枠組みに空間的要因や時間的要因を考慮できるモデルを考察するとともに、そのヘド

ニックモデルにより地価形成要因分析を行うことで、従来のヘドニックモデルでは見過ごされてきた新たな指標を見つけ出し、今後のインフラ整備において、開発を行う上での指針とすることを目標とする。

2. 用いるモデル

(1) 基本モデル

本研究ではヘドニック価格モデルとして次式のような線形回帰モデルを想定する。

$$\mathbf{y} = \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (1)$$

式(1)において、 \mathbf{y} は $n \times 1$ の従属変数ベクトル、 \mathbf{X} は $n \times k$ の説明変数行列、 $\boldsymbol{\beta}$ は $k \times 1$ のパラメータベクトル、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ は $n \times 1$ の誤差項のベクトルである。本研究では(1)式を基本モデル (basic model (BM)) と称す。誤差項には空間的自己相関が存在しないという仮定が置かれる。しかし、実際には誤差項に空間的自己相関が存在しているためこの仮定は満たされないことが多い。そのためこれを無視してBMのパラメータの推定にOLSを用いると、パラメータの有意性検定の際にt値やF値が過大に評価され、決定係数も過大になるといった問題が起こる。一方、空間計量経済学・地球統計学の分野では、それぞれ空間的自己相関をモデル化する手法が提案され、実証研究も蓄積されてきた。これらの手法について、空間統計学、地球統計学における代表的なモデルを以下に示す。

(2) 空間統計モデル

空間計量経済学の分野において空間的自己相関を考慮するモデルは、データ間の未知の依存関係を、従属変数同士の自己相関関係として捉える Spatial Lag Model (SLM) と誤差項同士の自己相関関係として捉える Spatial Error Model (SEM) に大別される。

a) SLM

SLMは、空間的・社会的な相互作用の結果起こる「均衡」をモデル化するものである。一時点のクロスセクションデータでは、実際に生じた空間的・社会的な相互作用は観測できないが、相互作用の結果至った「均衡」における相関構造をモデル化することは可能である。回帰モデルにおいてこのようなモデル化は、式(1)の右辺に、周辺地域の従属変数の関数を導入することによって達成される。一般的には、空間重み行列を用いて次式のように単純化される。

$$\mathbf{y} = \rho \mathbf{W}\mathbf{y} + \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \quad (2)$$

ここで、 ρ は従属変数同士の影響関係を表す空間ラグパラメータ、 \mathbf{W} は $n \times n$ の空間重み行列、 $\boldsymbol{\varepsilon}$ はその成分 $\varepsilon_i (i=1, \dots, n)$ を iid 誤差 (パラメータを最尤法で推定する場合には NID 誤差) とする $n \times 1$ ベクトルである。空

間重み行列 \mathbf{W} の成分 w_{ij} は、 i と j に依存関係があるならば、0でない何らかの値をとる。ここで、多くの場合 \mathbf{W} は行和が1となるように行基準化される。これは、計算上の都合と、行基準化により式(2)の第1項で与えられる空間ラグのベクトルが、周囲の従属変数の重みつき平均のベクトルになるという解釈上の都合による。

b) SEM

SEMは、モデルから抜け落ちたデータ間の外部効果や波及効果の結果生じる、誤差項同士の空間的な自己相関関係をモデル化しようとするものである。実際のヘドニック価格関数の推定においては、すべての要因を説明変数としてモデルに取り入れることは不可能であるため、結果として残差に空間的な自己相関が生じることが多い。SEMは次式のように定式化される。

$$\begin{aligned} \mathbf{y} &= \mathbf{X}\boldsymbol{\beta} + \boldsymbol{\varepsilon} \\ \boldsymbol{\varepsilon} &= \lambda\mathbf{W}\boldsymbol{\varepsilon} + \mathbf{u} \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、 λ は空間パラメータ、 \mathbf{u} はその成分 $u_i (i=1, \dots, n)$ をiid誤差とする $n \times 1$ ベクトルである。

(3) 地球統計モデル

空間計量経済の分野の空間的自己相関を考慮するモデルは、地球統計学の分野の代表的なモデルである空間過程モデル(spatial process model (SPM))は、データが連続的に分布する平面を前提としているという点にその特徴がある。具体的には、領域に次のような空間過程(ランダム場)を想定する。

$$\begin{aligned} \{y(\mathbf{s}) : \mathbf{s} \in D \subset \mathcal{R}^2\}, \\ \mathbf{s} = [c_x, c_y]' \end{aligned} \quad (4)$$

ここで、 \mathbf{s} は位置座標である。多くの場合、空間過程は次のような弱定常性を満たすと仮定される。

$$\begin{aligned} \text{Cov}[y(\mathbf{s}), y(\mathbf{s} + \mathbf{h})] &= C(\mathbf{h}) \\ \forall \mathbf{h} \in \mathcal{R}^2 \end{aligned} \quad (5)$$

ここで、 $C(\mathbf{h})$ は、共分散関数と呼ばれる \mathbf{h} のみに依存する関数である。すなわち、弱定常性の仮定とは、任意の2地点における確率変数間の共分散が、2地点間の距離と方位のみに依存するという仮定に他ならない。 $C(\mathbf{h})$ が距離 $\|\mathbf{h}\|$ のみに依存する(すなわち方位には依存しない)とき、空間仮定は等方的であるといわれる。SPMをヘドニック価格関数に用いる場合には、誤差項に弱定常性を仮定し、分散共分散行列を直接構造化することが多い。

$$E(\boldsymbol{\varepsilon}) = \mathbf{0}, \text{Var}[\boldsymbol{\varepsilon}] = \boldsymbol{\Sigma}(\boldsymbol{\theta}) \quad (6)$$

ここで、分散共分散行列 $\boldsymbol{\Sigma}$ は、その成分を共分散関数で与える $n \times n$ 行列である。 $\boldsymbol{\theta}$ は共分散関数を特徴づけるパラメータベクトルである。

(4) ファンダメンタルズモデル

バブル期といった地価が異常に上昇した期間も存在しているため、ファンダメンタルズモデルに基づく地価の

理論値を算出することにより、地価の短期変動要因を取り除く必要がある。実際の地価が理論地価と乖離するとき、バブルが存在することになる。理論地価は、市場の情報を十分に持った合理的な投資家の資産選択行動(土地と安全資産から得られる収益の均等化)を前提として、将来地代の割引現在価値として表される。

土地資産と安全資産との間の裁定条件を次のように表す。

$$\frac{Y_t + E_t P_{t+1} - P_t}{P_t} = r_t \quad (11)$$

$$\text{ただし、} r_t = i_t + \tau_t + \rho_t$$

Y_t は地代(帰属地代)、 P_t は地価である。 r_t は割引率であり、安全資産の収益率 i_t 、土地保有税率 τ_t 、土地保有のリスク・プレミアム ρ_t からなる。また、 $E_t P_{t+1}$ はキャピタルゲインの期待値である。ここで、式(11)を地価決定式として変換すると、

$$P_t = \frac{Y_t + E_t P_{t+1}}{1 + r_t} \quad (12)$$

となる。

3. 調査対象プロジェクトと用いるデータ

(1) 対象とする事業

本研究では九州新幹線を対象として、その事業便益を計測することとする。九州新幹線は2004年3月13日、新八代-鹿児島中央間が部分開業し、2011年3月12日、博多-新八代間が開業することで、博多-鹿児島中央間において全線開通した。九州新幹線開業以前においては、博多-熊本-鹿児島間の公共交通による移動は高速バスまたは在来線特急であった。しかし、九州新幹線が開業した結果、その所要時間が大幅に短縮された。高速バス・在来線特急では共に博多-鹿児島間の所要時間は4時間弱程度であったが、九州新幹線開通により最短77分となり、三分の一程度短縮され九州の南北間における移動の利便性が大きく改善されたといえる。

(2) 対象地域と用いるデータ

本研究の対象地域として、九州新幹線の通る市区町村とその市区町村に隣接する市区町村とする。また、本研究に用いるデータとして国土交通省の公示地価や鉄道時系列データなどが挙げられる。

4. 今後の展望

今後の研究として、堤、瀬谷(2010)⁸⁾の既存研究をもとに説明変数の調整を行い、空間ヘドニックアプロー

チを用いることで従来のヘドニックアプローチを用いた場合との相違点からインフラ整備に関する考察を行う。

参考文献

- 1) Rozen, S : Hedonic prices and implicit market, product differentiation in pure competition, *Journal of Political Economy*, vol.82, pp.34-55, 1974
- 2) Tsutsumi, M., Seya, H. : Measuring the impact of large-scale transportation projects on land price using spatial statistical models, *Paper in Regional Science*, vol.35, pp.385-401, 2008.
- 3) Can, A. : The measurement of neighborhood dynamics in urban house prices, *Economic Geography*, vol.66, pp.254-272, 1990
- 4) Can, A. : Specification and estimation of hedonic housing price models, *Regional Science and Urban Economics*, vol.22, pp.453-474, 1992
- 5) Dubin, R. A. : Estimation of regression coefficient in the presence of spatially autocorrelated error terms, *The Review of Economics and Statistics*, vol.70, pp.466-474, 1988
- 6) Dubin, R. A. : Spatial autocorrelation and neighborhood quality, *Regional Science and Urban Economics*, vol.22, pp.432-452, 1992
- 7) 堤盛人, 瀬谷創 : ヘドニックアプローチを用いた便益評価と空間計量経済学・空間統計学, 土木学会論文集 vol.72, pp.27-35, 2009.
- 8) 堤盛人, 瀬谷創 : 便益計測への空間ヘドニックアプローチの適用, 土木学会論文集 D vol.66 No.2, pp.178-196, 2010.
- 9) 野口雄紀雄 : 『土地の経済学』, 日本経済新聞社, 1989

(2018.4.27 受付)

Analysis and evaluation of the effect of transportation infrastructure improvement using hedonic approach

Hiroaki YAMADA, Chiaki MATSUNAGA, Akinori KITSUKI and Shunsuke MANAGI

Land price data reflects land attributes and surrounding environmental conditions. And it is not only that it is spatial data having position coordinates but also features that it is time series data that is observed at regular intervals. Therefore, there is a possibility that land price change factors can be analyzed statistically by watching over a wide range and long term. It is thought that new knowledge can be obtained by analyzing spatial and temporal fluctuation of land price as a benefit.

In this research, we analyze the land price formation factor considering the spatial and temporal factors using the hedonic model for the actual project of the development of transportation infrastructure, and verify from the spatiotemporal point of view, evaluate and consider the project from the obtained findings.