

分位点回帰モデルを用いた 緑地の集塊性とマンション価格の分析

山形 与志樹¹・村上 大輔²・瀬谷 創³・堤 盛人⁴

¹非会員 国立環境研究所 地球環境研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail: yamagata@nies.go.jp

²非会員 筑波大学大学院 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: muraka51@sk.tsukuba.ac.jp

³非会員 国立環境研究所 地球環境研究センター (〒305-8506 茨城県つくば市小野川16-2)

E-mail: seya.hajime@nies.go.jp

⁴正会員 准教授 筑波大学 システム情報工学研究科 (〒305-8573 茨城県つくば市天王台1-1-1)

E-mail: tsutsumi@sk.tsukuba.ac.jp

ヒートアイランド現象の緩和のための方策の一つとして、緑化が注目されている。一般に、緑地の規模が大きい程、その冷却効果は大きくなることが知られており、緑化の推進のためには、緑地の集積性が経済的な価値として評価されることが重要である。そこで本研究では、森林と草地の集塊性が、戸別マンション価格に与える影響について検証を行った。検証に使用したモデルは分位点回帰モデルである。このモデルを用いることで、価格帯毎の、森林・草地の集塊性の影響の差異を考慮できる。検証の結果、森林の集塊性は高い価格帯のマンションに対してのみ正の影響を及ぼすこと、草地の集塊性は高い価格帯以外のマンションに対して負の影響を及ぼすことが示唆された。

Key Words : *quantile regression , heconic approach , agglomeration of green area , conodominium*

1. はじめに

ヒートアイランド現象、即ち、都市における局所的な気温上昇は、夏季の生活環境の快適性を損ねるだけでなく、熱中症をはじめとした人体への影響や動植物の生態系への影響も懸念されており、国や各地方自治体で対策が講じられている。例えば、環境省は、平成21年度3月に制定したヒートアイランド対策ガイドライン (http://www.env.go.jp/air/life/heat_island/guideline.html) の中で、ヒートアイランド現象への対策を、風の活用、水の活用、緑の活用(緑化)、熱反射の活用、人工排熱の対策に基づいて行うこととしている。このような様々な対策の中でも、緑化は、ヒートアイランド現象自体への効果だけでなく、都市景観、都市防災機能等への副次的な効果を持つことから、国、各地方自治体から注目されている(馬淵(2005))。以上を踏まえ、本研究では、ヒートアイランド現象の緩和に向けた施策として、緑化に着目することとする。

緑地は、日射の遮断や蒸発散といった作用を通して大気の気温を低下させる(馬淵(2005))。緑地の冷却効果を検証した研究は多く、例えば、Wong and Yu (2004) は、シンガポールにおいて、気温が周囲の森林の量と強い負の相関を持つことを示しており、Shashua-Bar and Hoffman (2000) は、樹木のある大通りの気温が、樹木のない大通りの気温に比べて有意に低いことを示している。また、一般に、緑地の規模や集塊性が大きい程、その冷却効果は強まることが知られているため、ヒートアイランド現象への対策の観点からは、緑地の集塊性を考慮して緑化を進めることが望ましい。

本研究では、緑地の集塊性の価値を経済的に評価するために、ヘドニック・アプローチ(Rosen(1974))を用いる。現在までに、ヘドニック・アプローチを用いて緑地の価値を検証した研究は多数存在する。例えば、Morancho(2003)は、最寄りの緑地までの距離が家賃に対して有意な負の効果を持つことを確認した。また、Kong et al.(2007)は、近隣の公園・広場までの近接性、及

び近隣の緑地の密度が家賃に有意な正の効果を持つことを確認した。

以上に示したような緑地の資本化 (capitalization) を検証した研究の多くは、線形なモデルを用いている。しかしながら、ヘドニック・アプローチにおいては、モデルの非線形性を考慮すべきであることが既存研究で指摘されている。例えば、Rosen (1974)は、ヘドニックモデルが線形であるという仮定は非常に限られた状況でしか成り立たないことを指摘した。また、Ekeland et al. (2004)は、ヘドニックモデルの非線形性は、多様な不動産を単一のモデルで表現しようとするために必然的に生じる性質であると指摘している。

不動産が多様となる原因の一つに、価格帯毎の不動産の異質性がある。例えば、いわゆる高級マンションとその他のマンションでは同質ではない可能性があり、それを考慮するためには、マンションの価格帯毎に異なるパラメータを与えることのできる非線形モデルが必要となる。

価格帯毎の不動産の異質性を考慮することのできるモデルに分位点回帰 (Quantile regression : Koenker and Bassett (1978)) モデルがある。このモデルは、被説明変数の分位点毎にパラメータを与えるセミパラメトリックなモデルであり、近年、適用が広がりつつある。我が国においても、損保保険のリスク要因分析 (細田ら (2006)) や所得格差分析 (加藤ら (2009)) 等への分位点回帰の応用がみられる。しかしながら分位点回帰モデルをヘドニック・アプローチに適用している研究は少なく、実証研究の蓄積が必要である (例えば、Zietz et al. (2008), Kostov (2009)) 。

以上を踏まえ、本研究では、ヘドニック・アプローチに分位点回帰モデルを適用することで、緑地の集塊性が不動産に与える影響を検証する。以下、まず、第2章で分位点回帰モデルについて説明し、次に、3章で、横浜市を対象とした実証を行う。最後に、第4章で分析の結果を要約する。

2. 分位点回帰

分位点回帰モデルの基本式は(1)式で与えられる。

$$y_i = \sum_{r=1}^R x_{i,r} \beta_r(\tau) + u_i \quad (1)$$

i は観測データの添え字、 r は説明変数の添え字、 y_i は被説明変数、 $x_{i,r}$ は説明変数、 u_i は攪乱項を表す。 $\beta_r(\tau)$ は、回帰係数を示し、その値は、被説明変数の分位点 (τ) 毎に与えられる。

ここで、分位点とは、昇順に並べられたデータを等量に s 分割した際に生じる $(s-1)$ 個の分割点のことであり、

例えば、 $s=3$ とした場合は、第1/3分位点と第2/3分位点が得られる。なお、第1/2分位点は中央値を与えることが知られている。一般に、変数 y_i の第 τ 分位点 $\hat{y}(\tau)$ は下式より与えられる。

$$\hat{y}(\tau) = \arg \min_{\hat{y}(\tau)} \begin{cases} \tau \sum_{i=1} |y_i - \hat{y}(\tau)| & \text{if } y_i - \hat{y}(\tau) \geq 0 \\ (1-\tau) \sum_{i=1} |y_i - \hat{y}(\tau)| & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

例えば、 $\tau = 0.5$ として(2)式を適用することで、 y_i の0.5分位点 (中央値) $\hat{y}(0.5)$ が与えられる。

以上の性質を利用して、分位点回帰では(3)式を用いて $\beta(\tau)$ の推定値を得る。

$$\hat{\beta}(\tau) = \arg \min_{\beta(\tau)} \begin{cases} \tau \sum_{i=1} \left| y_i - \sum_{r=1}^R x_{i,r} \beta_r(\tau) \right| & \text{if } y_i - \sum_{r=1}^R x_{i,r} \beta_r(\tau) \geq 0 \\ (1-\tau) \sum_{i=1} \left| y_i - \sum_{r=1}^R x_{i,r} \beta_r(\tau) \right| & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3)$$

(2)式の $\hat{y}(\tau)$ と同様に、(3)式の $\sum_{r=1}^R x_{i,r} \beta_r(\tau)$ は y_i の第 τ 分位点を表す。従って、(3)式から与えられる $\hat{\beta}(\tau)$ は、 y_i の第 τ 分位点を説明する回帰係数とみなすことができる。

3. 分位点回帰モデルを用いたヘドニック分析

(1) 分析の概要

本研究では、平成17年から平成19年の間に販売の開始された戸別マンション (観測点数: 27376) を対象に、緑地の集塊性の不動産価格への影響を分析する。対象地域は横浜市とする。不動産データとしては有限会社エム・アール・シー作成の戸別分譲価格 (自然対数値) を用いる。分譲価格のマンション毎の平均価格の空間分布を図1に示す。なお、本データは成約価格ではなく、募集価格である点に注意が必要である。成約価格を用いたヘドニック分析では、家計の付け値曲線と生産者のオファー曲線との接点から構成される市場価格関数を推計することとなる。しかしながら、募集価格を用いることは、生産者の最初のオファー価格を分析していることと解釈される。

構築するモデルは、通常線形回帰モデル [LRM]、分位点回帰モデル [QRM] モデルの2種類とし、QLRMでは、 $\tau = 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 0.6, 0.7, 0.8, 0.9$ の各分位点についてパラメータを推定する。

緑地の集塊性を表す説明変数には、次節で詳述する森林の集塊性 [Forest] を草地の集塊性 [Grass] を用いる。それ

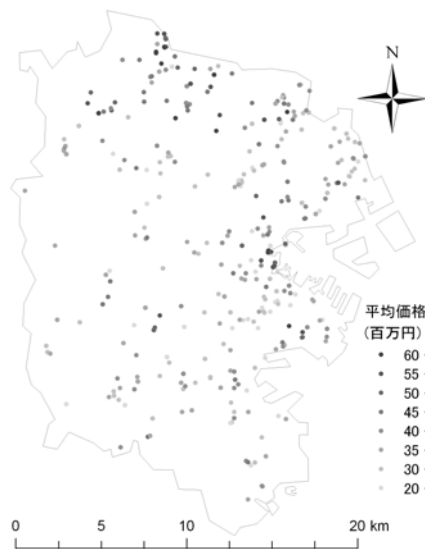


図-1 マンション別の平均価格

以外の説明変数として、住戸毎の変数として平均面積(m²)[Area], 階高[Floor], 最寄駅から東京都内の主要駅(東京, 新宿, 池袋, 渋谷, 品川のいずれか)までの鉄道ネットワークを介した最短経路距離(km)[Tokyo], 最寄駅から横浜駅, 川崎駅のいずれかまでの鉄道ネットワークを介した最短経路距離(km)[Yokohama], 最寄りの鉄道駅までの移動にバスが必要であることを示すダミー変数[Bus], 最寄りの鉄道駅またはバス停までの徒歩による移動時間(分)[Station], 最寄りの鉄道駅に東急東横線が乗り入れていることを示すダミー変数[Toyoko], みなとみらい線, 東急田園都市線についての同ダミー変数(それぞれ[Minato], [Dennen]), 及び平成17年度, 平成18年度に販売が開始されたことを示すダミー変数(それぞれ[H17dammy], [H18dammy])を用いる。

(2) 緑地の集塊性の算出方法

本研究では、小林・石川(2003)の2階集塊性指数(2stAI_i: 2nd agglomeration index)に基づいて緑地の集塊性を定義する。同指数は、細密な土地利用メッシュデータから、緑地の集塊性を計測する指標あり、戸別マンション*i*の集塊性は(4)式で定義される。

$$2stAI_i = \sum_j \sum_k \frac{p_j}{d_{ij}^2} \frac{1}{d_{jk}^2} \quad (4)$$

ここで、*j*と*k*は緑地メッシュの添え字、*p_j*は緑地メッシュ*j*の魅力(本研究では、緑地であるメッシュに対し、一律に1を与えることとする)、*d_{ij}*は戸別マンション*i*とメッシュ*j*と間、*d_{jk}*はメッシュ*j*とメッシュ*k*の間のユークリッド距離をそれぞれ表す。(4)式の $\sum_j \frac{p_j}{d_{ij}^2}$ は戸別マンション*i*から、その周辺の緑地メッシュへの近接性を、 $\sum_k \frac{1}{d_{jk}^2}$ は、緑地メッシュ*j*と、その周辺の緑地メッシュ

への近接性を表し、同項で緑地の集塊性の強さを表現する。

本実証では、マンションを持つメッシュの2階集塊性指数を、森林と草地の各々について算出し、説明変数として与える。2階集塊性指数の算出に必要な森林・草地の各メッシュデータは、2011年のLANDSAT ETM+画像データを分類することで作成した。森林メッシュ、草地メッシュの各空間分布を図2に、森林及び草地の集塊性、即ち、Forest, Grassの空間分布を図3に示す。

(3) 分析の結果

LRMとQRMのパラメータの推定結果を、横軸を戸別マンション価格の分位点、縦軸をパラメータ推定値としたグラフ上にプロットした(図4)。

まず、LRMの緑地の集塊性以外を表す各説明変数の推定結果をみると、Area(+), Floor(+), Tokyo(-), Yokohama(-), Bus(-), Station(-), Toyoko(+), Minato(+), Dennen(-), H17dummy(-), H18dummy(-)が5%水準で有意であり、各推定値の符号は直観と整合する。次



図-2 森林(上)及び草地(下)の空間分布

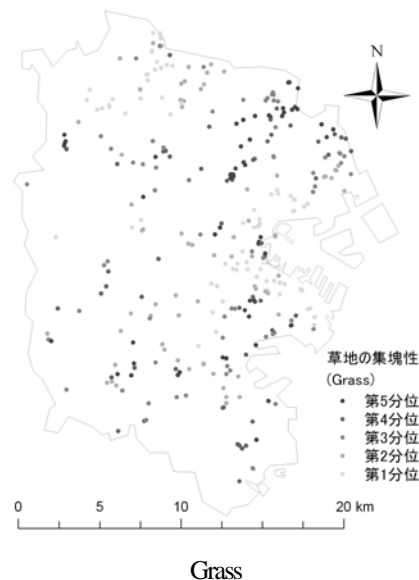


図-3 森林（上）及び草地（下）の集塊性

に、LRMの緑地の集塊性を表す変数の推定結果をみるとForest (+)、Grass (-)であり、両変数は5%水準で有意である。森林の集塊性は戸別マンションの価格を上げる一方で、草地の集塊性は同価格を下げるという推定結果が得られた。しかしながら、LRMを用いた推定結果は、価格帯毎の戸別マンションの異質性を考慮していない。

一方で、QRMの緑地の集塊性以外を表す各説明変数の推定結果は以下の通りである。戸の特性を表すAreaは価格帯の高いマンションの価格をより強く押し上げるとの推定結果が得られ、同じく戸の特性を表すFloorは価格帯の低いマンションの価格をより強く押し上げるとの推定結果が得られた。次に、アクセシビリティを表すTokyoとYokohamaの両変数は、価格帯の高いマンションの価格に対して強い負の効果を持つことが示唆された。一方、StationとBusの推定結果から、両変数は、価格帯の比較的低いマンションの価格に対して強い効果を持つこ

とが示唆された。Toyoko, Minato, Dennenの各推定結果からは、東急東横線沿線であることは価格帯の低いマンションの価格に対し、みなとみらい線沿線であることは価格帯が中程度のマンションの価格に対し、田園都市線沿線であることは価格帯の高いマンションの価格に対し、それぞれ強い正の効果を持つことが示唆された。

最後に、QRMの緑地の集塊性を表す変数の推定結果に着目する。Forestは価格帯の高いマンションに対する有意な正の効果を持つとの推定結果を得た。ただし、同価格帯の95%信頼区間の幅は大きく、森の集塊性から受ける効果は戸別マンション毎に大きく異なる可能性がある。一方で、Grassは、中程度未満の価格帯の戸別マンションには有意な負の効果が存在するものの、価格の高いマンションに対しては、同効果が検出されないとの推定結果が得られた。

以上より、全ての価格帯の不動産を等質と仮定するLRMは、推定の誤りを招きうることが示唆された。同時に、価格帯毎の異質性を考慮することのできる分位点回帰のヘドニック・アプローチに対する有用性が示唆された。

4 まとめ

本研究では、森林・草地の集塊性が戸別マンション価格に与える効果を、分位点回帰モデルを用いて検証した。同モデルは、価格帯毎の戸別マンションの異質性を考慮したモデルであり、そのヘドニック・アプローチへの有用性は先行研究で指摘されている。実証分析では、戸別マンションを対象としたヘドニック・アプローチに分位点回帰モデルを適用することで、各説明変数からの効果が戸別マンションの価格帯毎に異なることを明らかとした。価格帯毎の異質性は森林・草地の集塊性についても検出された。具体的には、森林の集塊性は高額な戸別マンションのみに正の影響を及ぼし、草地の集塊性は、高額な戸別マンション以外に負の効果をも及ぼしているとの推定結果が得られた。従って、緑地の集塊性による正の効果は、価格帯の高いマンションにのみ作用していることが示唆された。

今後は、空間データの一般的な性質として知られる空間的な依存性の考慮や新たな説明変数の追加等を通じたモデルの精緻化、及び精緻化されたモデルを用いた実証分析を進めていきたい。

参考文献

- 1) Ekeland, I., Heckman, J. and Nesheim, L. : Identification and estimation of hedonic models, *Journal of Political Economy*, Vol.112, No.S1, pp.S60-S109, 2004.
- 2) Koenker, R. and Bassett, G. : Regression quantiles, *Econ-*

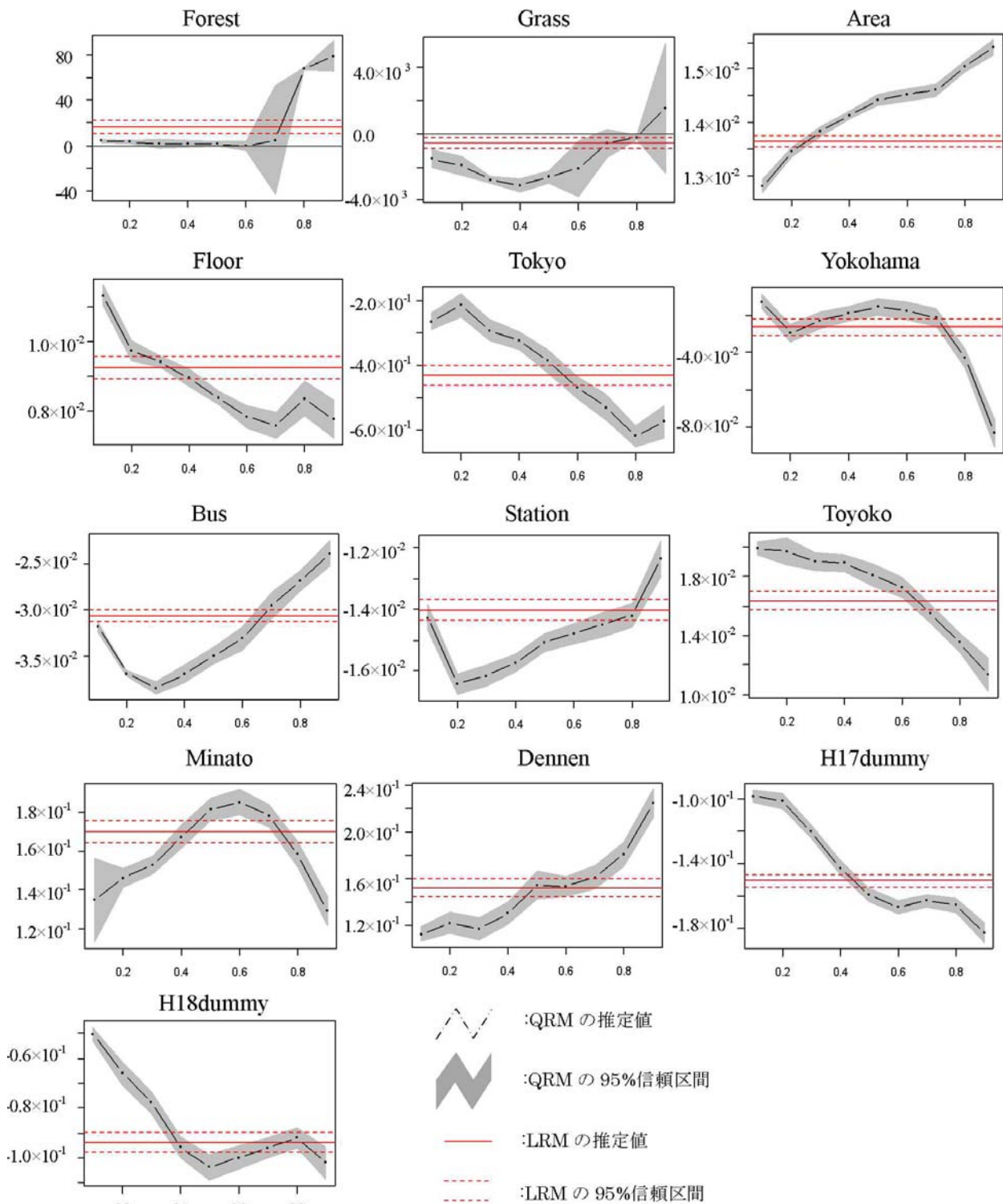


図-4 パラメータ推定結果

- ometrica, Vol. 46, pp.33–50, 1978.
- 3) Kong, F. Yin, H. and Nakagoshi, N. : Using GIS and landscape metrics in the hedonic price modeling of the amenity value of urban green space: A case study in Jinan City, China, *Landscape and Urban Planning*, Vol.79, No.3-4, pp.240–252, 2007.
 - 4) Kostov, P. : A spatial quantile regression hedonic model of agricultural land rices, *Spatial Economic Analysis*, Vol.4, Issue1, pp.53–72, 2009.
 - 5) Morancho, A.B. : A hedonic valuation of urban green areas, *Landscape and Urban Planning*, Vol.66, No.1, pp.35–41, 2003.
 - 6) Rosen, S. : Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, *The Journal of Political Economy*, Vol.82, No.1, pp.34–55, 1974.
 - 7) Shashua-Bara, L. and Hoffman, M.E. : Vegetation as a climatic component in the design of an urban street: An empirical model for predicting the cooling effect of urban

- green areas with trees, *Energy and Buildings*, Vol.31, No.3, pp.221–235, 2000.
- 8) Wong, N.H. and Yu, C. : Study of green areas and urban heat island in a tropical city, *Habitat International*, Vol.29, No.3, pp.547–558, 2005.
- 9) Zietz, J., Zietz, E. and Sirmans, S. : Determinants of house prices: a quantile regression approach, *Journal of Real Estate Finance and Economics*, Vol.37, Issue4, pp.317–333, 2008.
- 10) 加藤賢悟, 国友直人, 増田智巳 : Lasso 分位点回帰の理論と損害保険への応用, Vol.38, No.2, pp.121–149, 2009
- 11) 小林優介, 石川幹子, 細密メッシュデータを用いた森林野集塊性の分析手法に関する研究, 都市計画論文集, Vol.38, No.3, pp.619–624, 2003.
- 12) 細田崇史, 石田章, 横川繁樹 : バングラディッシュ都市部における貧困地区住民の所得水準とソーシャル・キャピタル, 国際協力研究, Vol.22, No.2, pp.18–28, 2006.
- 13) 本間仁, 安芸皓一 : 物部水理学, pp.430–463, 岩波書店, 1962.
- 14) 馬淵泰 : 都市緑地の熱環境のモデル化による地域環境管理・経営に関する研究, 高知工科大学博士論文, 2005.

(2011.8.5 受付)

A QUANTILE REGRESSION BASED HEDONIC ANALYSIS ON AGGLOMERATION OF GREEN AREA

Yoshiki YAMAGATA, Daisuke MURAKAMI, Hajime SEYA and Morito TSUTSUMI

Greening is an effective countermeasure for heat island phenomenon. Generally, the cooling effect of a spatially agglomerated green area is stronger than that of not agglomerated area, and therefore it is important to quantify the value of green agglomeration. This study conducts to measure the economic value of green agglomeration using the hedonic of condominiums in Yokohama city. This study employs quantile regression technique because the value of green will differ by price of the condominiums. The obtained results suggest that the agglomeration of forests has positive effects only on the high-price condominiums, while agglomeration of grasses has negative effects on the low and medium-price condominiums.