

2014 BinN 理論談話会 #1

## **Dynamic microsimulation of location choices with a quasi-equilibrium auction approach**

Hurtubia, R., Bierlaire, M., Martinez, F.  
Proceedings of the 12th Swiss Transport, 2011.

2014.06.27(Fri) M1 芝原 貴史

# もくじ

1. Introduction
2. The bid approach to location choice
3. Market clearing
4. Quasi-equilibrium market clearing
5. Case study (in Brussels)
6. Simulation
7. Conclusion

# 1. Introduction

- 交通計画や住宅施策では将来予測と政策評価が必要.
- マイクロシミュレーションは簡便な設定で個人の行動を再現できるため、有用な手段となってきた.
- 不動産市場への2つのアプローチ
  - Choice Approach (市場からのアプローチ)
    - ヘドニック分析：要素の回帰分析から価格を決定
  - Bid-auction Approach (消費者からのアプローチ)
    - 不動産がAuction marketで取引される過程を経て価格が決まる



今回は居住地選択モデルをマイクロシミュレーションで行い、消費者の居住地選択と市場価値を同時に決定することを試みる

## 2. The bid approach to location choice

- 不動産市場へのAuction approach Alonso(1964)
  - 消費者は財に値をつける
  - 財はその最高値をつけた購買者のものになる
  - 財の値段はこの最高値に決定される
- 消費者の効用最大化問題で定式化

$$\begin{aligned} & \max U(x, z_i) \\ & s.t. px + r_i \leq I \end{aligned} \quad \begin{array}{ll} U : \text{消費者の効用関数} & \\ x : \text{財 (連続量)} & i : \text{場所 (離散量)} \\ z_i : \text{場所 } i \text{ の属性} & p : \text{財の値段} \\ (1) \quad r_i : \text{購入する場所の価値} & I : \text{予算} \end{array}$$

## 2. The bid approach to location choice

- 予算制約ありの最適化問題に書き直す

$$\max_i V(p, I - r_i, z_i) \quad (2)$$

$V$  : 場所  $i$  の条件付き効用関数  
 $z_i$  : 場所  $i$  の属性  
 $r_i$  : 購入する場所の価値  
 $p$  : 財の値段  
 $I$  : 予算

- 消費者の最大効用から場所の価値を決定する式に変形

$$r_i = I - V^{-1}(\bar{U}, p, z_i) \quad \bar{U} : \text{最大効用} \quad (3)$$

- 場所の価値  $r_i$  は個人  $h$  の付け値で決まる. 付け値関数  $B_{hi}$  は

$$B_{hi} = I_h - V_h^{-1}(\bar{U}, p, z_i) \quad (4)$$

## 2. The bid approach to location choice

$$B_{hi} = I_h - V_h^{-1}(\bar{U}, p, z_i) \quad (4)$$

- 付け値関数に確率変数が含まれる（誤差項が含まれる）とする。
- 誤差項にガンベル分布を仮定すると，個人  $h$  が場所  $i$  にオークションで最高値をつける確率はロジット型で表せる。

$$P_{h/i} = \frac{\exp(\mu B_{hi})}{\sum_g \exp(\mu B_{gi})} \quad P_{h/i} : \text{個人 } h \text{ が場所 } i \text{ に最高値をつける確率}$$

$\mu$  : スケールパラメータ (5)

## 2. The bid approach to location choice

- 地代は消費者の最高値で決定される。
- 付け値関数の誤差項にガンベル分布を仮定することで、期待最高値は付け値のログサムで表せる。

$$r_i = \frac{1}{\mu} \ln\left(\sum_g \exp(\mu B_{gi})\right) \quad (6) \quad \begin{array}{l} r_i : \text{購入する場所の価値} \\ \mu : \text{スケールパラメータ} \end{array}$$

- 場所の価値が消費者の嗜好  $B_{gi}$  から決定されている。
- ヘドニック分析では個人の消費者の嗜好を考慮しない。  
= 動的な市場の状態を反映できない。

### 3. Market clearing

- Location choice approach (Anas, 1978)

$$\sum_h H_h P_{i/h}(V_{hi}(r, P_{i/\bar{h}})) = S_i \quad \forall i \quad (7)$$

$H_h$ : グループ  $h$  に属する個人数       $V_{hi}$ : グループ  $h$  に属する個人が場所  $i$  に付ける付け値関数の確定項

$S_i$ : 場所  $i$  の提供する供給量       $r_i$ : 購入する場所  $i$  の値段

$P_{i/h}$ : グループ  $h$  に属する個人が場所  $i$  を選択する確率       $\bar{h}$ : グループ  $h$  以外の消費者の集合

- Bid-auction approach (Martinez, 1996)

$$\sum_i S_i P_{h/i}(B_{hi}(U_h, P_{\bar{h},i})) = S_i \quad \forall h \quad (8)$$

$S_i$ : 場所  $i$  の提供する供給量       $B_{hi}$ : 個人  $h$  の場所  $i$  への付け値関数

$P_{h/i}$ : 個人  $h$  が場所  $i$  に最高値をつける確率       $U_h$ : 個人  $h$  の最大の効用レベル

$r_i = I - V^{-1}(\bar{U}, p, z_i) \quad (3)$  から地代を決定

の部分をそれぞれ決定する

### 3. Market clearing

- (7), (8)の均衡条件が一致するのは、需要と供給が一致するときのみ.

$$\sum_h \sum_i P(i, h) = H = S \quad \begin{array}{l} S : \text{総供給量} \\ H : \text{総消費者数} \end{array} \quad (9)$$

- 非集計モデルで表現したものはILUTE (Salvini and miller, 2005)がある.
  - 消費側と供給側の値段交渉の相互作用をモデル化
  - 計算負荷が高い, 選択肢集合の生成方法に大きく依存 (特定できない)



Agent-based approachと整合性のある別の手法を提案

## 4. Quasi equilibrium market clearing

- 今回のモデルでは、各時点でのオークション過程を想定して値段をつけることを考える。
  - Bid-based modelに近いが、均衡点を探さないで済む

- $t$ 期目の付け値関数

$$B_{hi}^t = b_h^t + b_{hi}(z_i^t, \beta) \quad (10)$$

- $b_h^t$  : 付け値と個人の効用水準を関連づける修正項       $z_i^t$  : 場所  $i$  の  $t$  期における属性 (時間で変化)
- $b_{hi}$  : 場所  $i$  について個人  $h$  の評価するヘドニック項 (関数形が時間で不変)       $\beta$  : パラメータ

- 市場の特性が時間によって変化するの合理的 (人口, 所得, 供給の限界量. . . )

## 4. Quasi equilibrium market clearing

- 消費者は  $b_h^t$  を市場の状態を見て判断すると想定
  - 需要過多→付け値を上げる
  - 供給過多→付け値を下げる

- 消費者が観測可能な変数

$r_i^t$  :  $t$ 期の場所  $i$ の地代 (以前の地代を全て観測可能)

$S^t$  :  $t$ 期の消費者も観測可能な供給量

$H^t$  :  $t$ 期のオークションに参加する消費者の数 (需要量)

※他者の付け値は観測できない (sealed-bid auction) とする

# 4. Quasi equilibrium market clearing

- 消費者が観測可能な変数 ※他者の付け値は観測できない

$r_i^t$  :  $t$ 期の場所  $i$ の地代 (以前の地代を全て観測可能)

$S^t$  :  $t$ 期の消費者も観測可能な供給量

$H^t$  :  $t$ 期のオークションに参加する消費者の数 (需要量)

- 以上を考慮し, 各消費者はオークションで勝つ確率  $P_{h/i}$  の合計が1になるように  $b_h^t$  を見積もると考えられる.

$$P_{h/i} = \frac{\exp(\mu B_{hi})}{\sum_g \exp(\mu B_{gi})} \quad (5)$$

$$B_{hi}^t = b_h^t + b_{hi}(z_i^t, \beta) \quad (10)$$

$$\sum_i P_{h/i}^t = \sum_{i \in S^t} \frac{\exp(\mu(b_h^t + b_{hi}(z_i^t)))}{\sum_{g \in H^t} \exp(\mu B_{gi}^{t-1})} = 1 \quad (11)$$

$b_h^t$  : 付け値と個人の効用水準を関連づける修正項

$b_{hi}$  : 場所  $i$ について個人  $h$ の評価するヘドニック項 (関数形が時間で不変)

$z_i^t$  : 場所  $i$ の  $t$ 期における属性 (時間で変化)

$\beta$  : パラメータ

## 4. Quasi equilibrium market clearing

- (6)式を用いると, (11)式の分母は,

$$r_i = \frac{1}{\mu} \ln\left(\sum_g \exp(\mu B_{gi})\right) \quad (6)$$

$r_i$  : 購入する場所の値段

$\mu$  : スケールパラメータ

$$\sum_i P_{h/i}^t = \sum_{i \in S^t} \frac{\exp(\mu(b_h^t + b_{hi}(z_i^t)))}{\sum_{g \in H^t} \exp(\mu B_{gi}^{t-1})} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_{g \in H^t} \exp(\mu B_{gi}^{t-1}) = \exp(\mu r_i^{t-1}) \quad (12)$$

と書いて, 各個人は過去の地代を参考にしてt期の付け値を決めると考えられる.

# 4. Quasi equilibrium market clearing

- $b_h^t$  について(11)式を整理すると,

$$\sum_i P_{hi}^t = \sum_{i \in S^t} \frac{\exp(\mu(b_h^t + b_{hi}(z_i^t)))}{\sum_{g \in H^t} \exp(\mu B_{gi}^{t-1})} = 1 \quad (11)$$

$$\sum_{g \in H^t} \exp(\mu B_{gi}^{t-1}) = \exp(\mu r_i^{t-1}) \quad (12)$$

$$\sum_{i \in S^t} \frac{\exp(\mu(b_h^t + b_{hi}(z_i^t)))}{\exp(\mu r_i^{t-1})} = 1$$

$$b_h^t = -\ln\left(\sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1}))\right) \quad (13)$$

$$\Leftrightarrow \sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_h^t + b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1})) = 1$$

$$(10) \quad B_{hi}^t = b_h^t + b_{hi}(z_i^t, \beta) \quad \text{より}$$

$$\Leftrightarrow \exp(\mu b_h^t) \sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1})) = 1$$

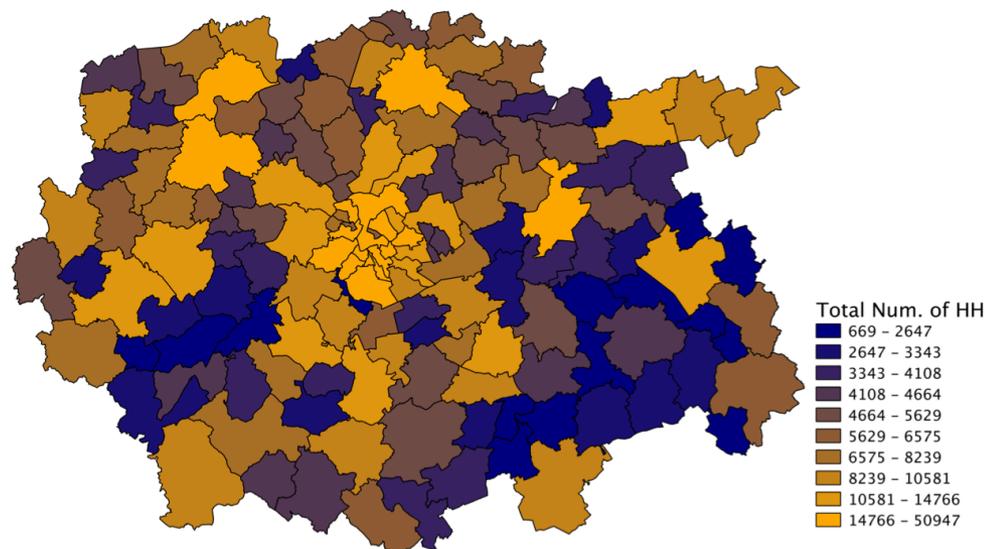
$$\Leftrightarrow \sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1})) = \exp(-b_h^t)$$

$$B_{hi}^t = -\ln\left(\sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1}))\right) + b_{hi}(z_i^t, \beta)$$

# 5. Case study

- Brussels(Belgium)
- 2001 Population Census
- MOBEL 2000
  - ゾーン別平均世帯収入
  - 平均住宅取引価格
- 151communes ( $c$ )
- 4945zones ( $i$ )
- 1213169households ( $h$ )
- 住居=4つの選択肢 ( $v$ )

– detached, semi-detached, attached, apartment



Brusselsを住宅戸数で色分けした図

# 5. Case study

- パラメータ推定
  - 付け値関数を以下のパラメータと属性の線形和で設定.
  - 統計ソフトBIOGEMEで推定

Parameter	spatial attribute	×	household (hh) attribute
ASC <sub>2</sub>	-		income level constant (745-1859 Euros)
ASC <sub>3</sub>	-		income level constant (1860-3099 Euros)
ASC <sub>4</sub>	-		income level constant (3100-4958 Euros)
ASC <sub>5</sub>	-		income level constant (>4959 Euros)
B_educ_zone	% of education jobs in zone <i>i</i>	×	dummy for hh's with children
B_educ_comm	% of education jobs in commune <i>c</i>	×	dummy for hh's with children
B_house1	dummy for isolated house	×	dummy for hh's with more than 2 people
B_house2	dummy for semi-isolated house	×	dummy for hh's with more than 2 people
B_house3	dummy for attached house	×	dummy for hh's with more than 2 people
B_income_23	% of hh's of income level 2 and 3 in zone <i>i</i>	×	dummy for income level 2 or 3
B_income_45	% of hh's of income level 4 and 5 in zone <i>i</i>	×	dummy for income level 4 or 5
B_indu_zone	% of industry jobs in zone <i>i</i>	×	dummy for income level > 3
B_indu_comm	% of industry jobs in commune <i>c</i>	×	dummy for hh's with active workers
B_service_zone	% of service (office and hotel) jobs in <i>i</i>	×	dummy for hh's with active workers
B_shop_comm	% of retail jobs in commune <i>c</i>	×	dummy for hh's with active workers
B_surf_h	surface of dwelling <i>v</i>	×	dummy for multi-person hh's with inc level > 3
B_surf_m	surface of dwelling <i>v</i>	×	dummy for multi-person hh's with inc level = 3
B_trans	public transport acces <sub><i>i</i></sub> (facilities/km <sup>2</sup> )	×	dummy for hh's with 0 cars
B_trans2	0 public transport acces <sub><i>i</i></sub> (facilities/km <sup>2</sup> )	×	dummy for hh's with 2 or more cars
B_univ_comm	% of people with university degree in <i>c</i>	×	dummy for hh's having integrants with univ degree

# 5. Case study

- 推定結果
  - B\_idu\_commが正・B\_indu\_zoneが負
  - 労働者層には魅力的だが，高所得者には近くに工場があるのが不快
  - B\_income\_45が正・B\_income\_23が負
  - 高所得者層は集まって住みたい，低・中所得者層は互いに離れたい

Parameter	Value	Std error	t-test
ASC <sub>2</sub>	-0.0496	0.21	-0.24*
ASC <sub>3</sub>	-0.442	0.224	-1.97
ASC <sub>4</sub>	-0.751	0.181	-4.15
ASC <sub>5</sub>	-0.96	0.233	-4.13
B_educ_zone	0.269	0.12	2.25
B_educ_comm	0.562	0.528	1.07*
B_house1	0.755	0.0828	9.11
B_house2	0.935	0.0799	11.7
B_house3	1.12	0.0717	15.62
B_income_23	-0.327	0.231	-1.41
B_income_45	1.91	1.08	1.77*
B_indu_zone	-5.36	2.62	-2.04
B_indu_comm	0.247	0.11	2.25
B_service_zone	0.243	0.0542	4.49
B_shop_comm	3.13	0.458	6.84
B_surf_h	0.00916	0.00197	4.66
B_surf_m	0.00642	0.00124	5.16
B_trans	0.739	0.0811	9.12
B_trans2	-0.548	0.0989	-5.55
B_univ_comm	3.11	0.134	23.25
$\alpha$	1.84	0.708	2.6
$\gamma$	0.659	0.0505	13.04
$\sigma$	-1.87	0.0182	-102.42

\* Parameter not significant at the 95% level

Parameter	spatial attribute	×	household (hh) attribute
B_income_23	% of hh's of income level 2 and 3 in zone $i$	×	dummy for income level 2 or 3
B_income_45	% of hh's of income level 4 and 5 in zone $i$	×	dummy for income level 4 or 5
B_indu_zone	% of industry jobs in zone $i$	×	dummy for income level > 3
B_indu_comm	% of industry jobs in commune $c$	×	dummy for hh's with active workers

# 6. Simulation

- 前提 (Case study時)
  - 2001-2008を対象とする。 (2001をbase yearとする)
  - 人口は増加するとする。
  - 転居は考慮しない。

zoneとcommuneの属性, 以前までの住宅価格は所与  $z_i^t$   $r_i^{t-1}$

新しい消費者を生成  $H^t$  ※現在の人口構成から抽出・複製

新しい住戸を生成  $S^t$  ※現在の属性から抽出・複製

市場清算とオークションの実行  
住宅価格の決定 ← 4. より

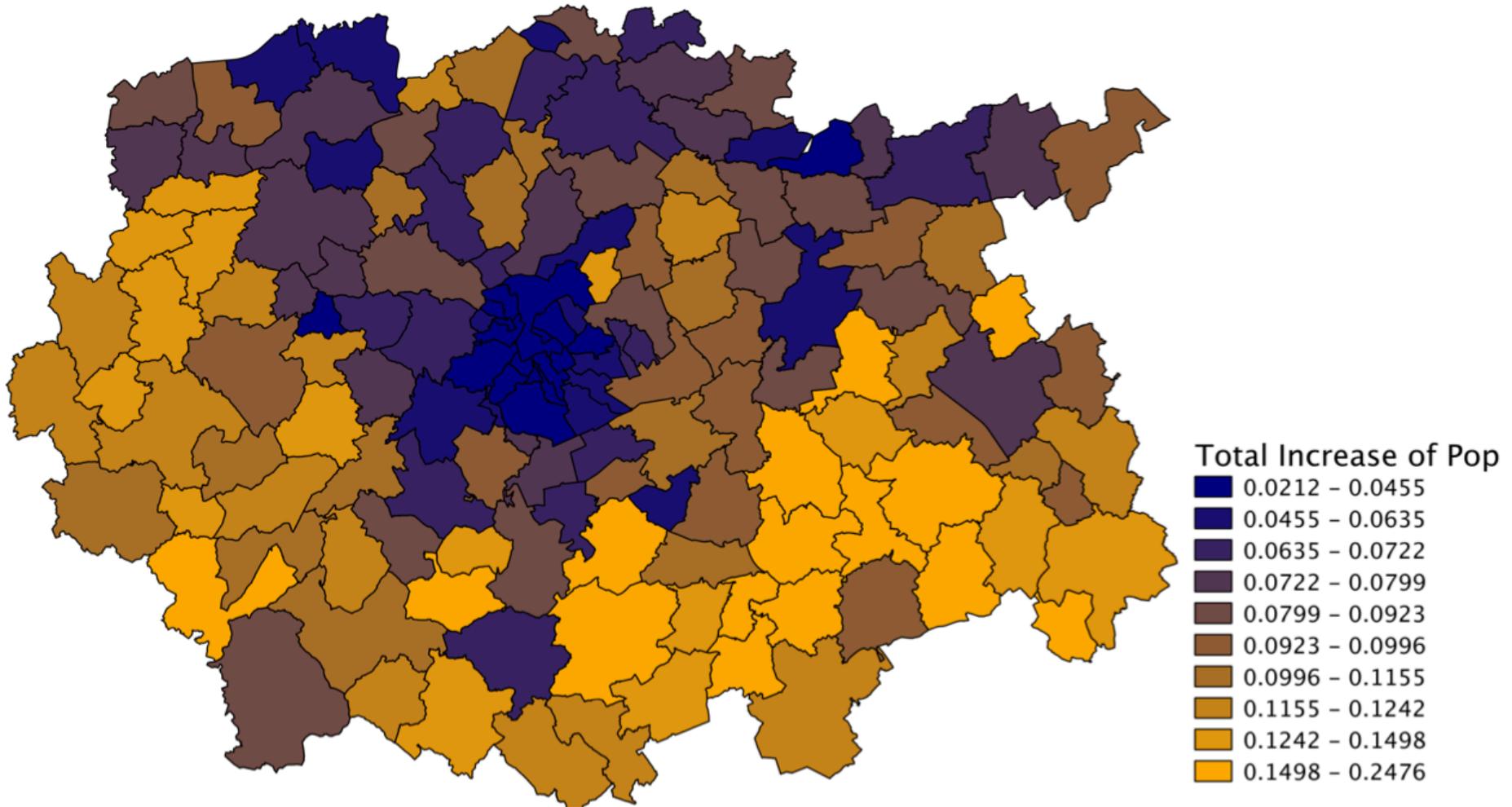
$$B_{hi}^t = -\ln\left(\sum_{i \in S^t} \exp(\mu(b_{hi}(z_i^t) - \mu r_i^{t-1}))\right) + b_{hi}(z_i^t, \beta)$$

$$r_i^t = \frac{1}{\mu} \ln\left(\sum_g \exp(\mu B_{gi}^t)\right) \quad h \in H^t \quad i \in S^t$$

全消費者が購入終了後, zoneとcommuneの属性の更新  $z_i^{t+1}$

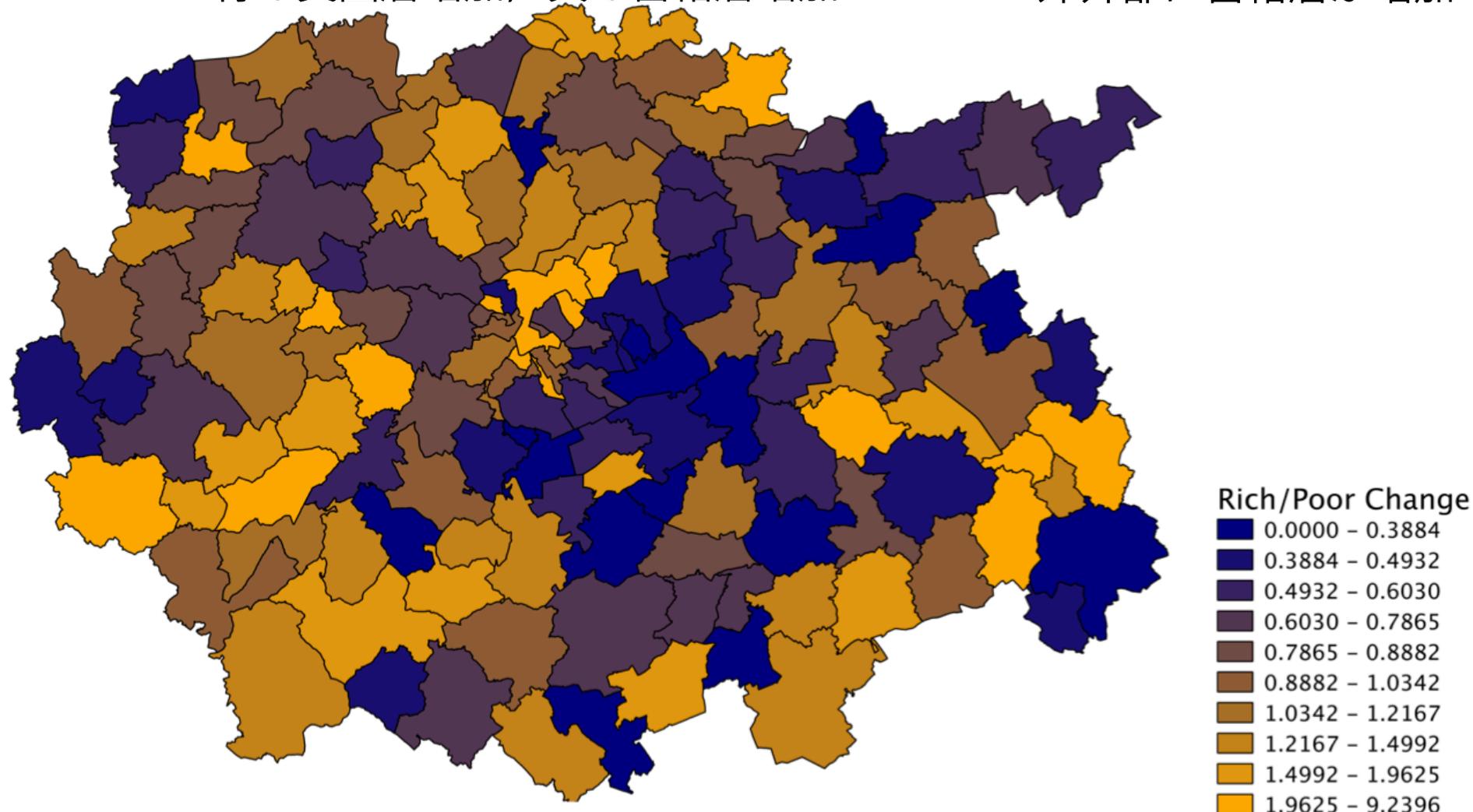
# 6. Simulation

- 2001-2008の住宅の増加率をマッピング
  - 農村部に居住が増えている。



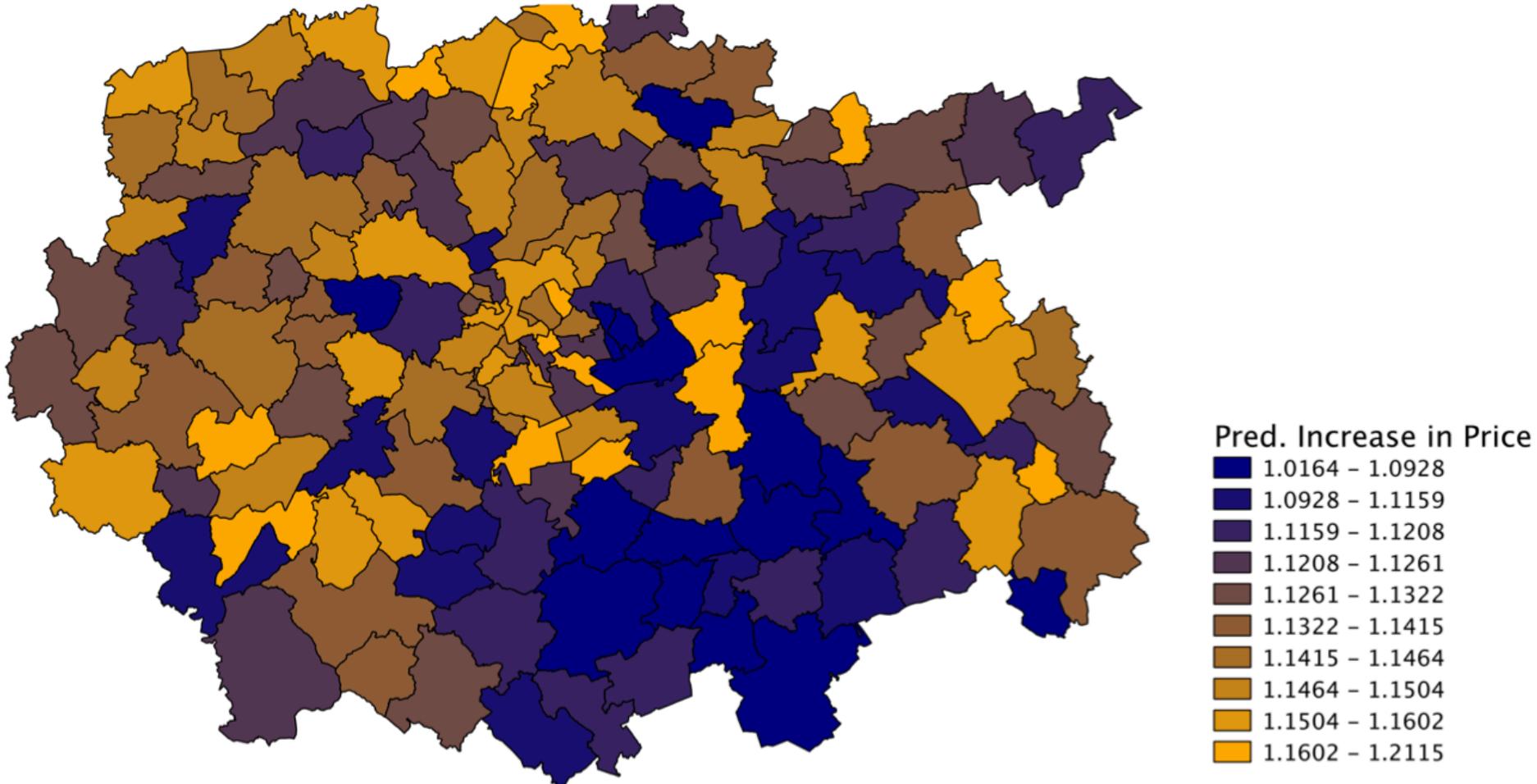
## 6. Simulation

- 増分の内，貧困層と富裕層の比を示す。
  - 青は貧困層増加，黄は富裕層増加
- 都市部に貧困層増
- 郊外部に富裕層が増加



# 6. Simulation

- 住宅価格の増加をマッピング
  - 北西部の地価が上がっている。南東部は上昇が少ない。



# 7. Conclusion

- オークションを各期で行うことで、動的に変化する市場の状態を含めた価格の決定を行うモデルを提案した.
- 消費者は以前の価格を知ってオークションに参加することで、需要と供給の均衡からでなく現実的な計算負荷で価格を決定することができる.