

平成 28 年度 修士論文

集積外部性と建物床市場を 考慮した応用都市経済モデル

首都大学東京大学院
都市環境科学研究科 都市基盤環境学域
15885406 藤井 修平

指導教授 石倉 智樹 准教授

目次

第1章 序章.....	1
1.1 研究の背景	2
1.2 既往研究	2
1.3 研究の目的	3
1.4 論文の構成	3
第2章 応用都市経済モデル(<i>Computable Urban Economic model</i>)	4
2.1 モデル概要	5
2.2 集積+建物モデルの式.....	5
2.2.1 家計の行動モデル	6
2.2.2 建物開発者の行動モデル.....	9
2.2.3 地主の行動モデル	10
2.2.4 均衡条件.....	10
2.2.5 交通モデル	11
2.3 他の3モデルの式.....	13
2.4 モデル全体構造	13
第3章 集積外部性を考慮したモデルの実都市への適用.....	15
3.1 分析対象.....	16
3.2 条件設定と使用データ	17
3.3 パラメータの推定.....	19
3.4 分析結果.....	21
第4章 集積外部性と建物床市場を考慮したモデルの動作確認.....	24
4.1 均一3都市の設定.....	25
4.2 政策感度分析.....	25
4.2.1 交通政策.....	25
4.2.2 交通政策の大きさによる結果の変化.....	25
4.3 パラメータ感度分析	28
4.3.1 交通政策.....	28
4.3.2 各パラメータの大きさによる結果の変化.....	28

第 5 章 集積外部性と建物床市場を考慮したモデルの仮想都市への適用	32
5.1 仮想都市の設定	33
5.2 パラメータの推定	34
5.3 都市構造 A での分析	37
5.4 都市構造 B での分析	39
5.4.1 交通政策	39
5.4.2 容積率規制緩和政策	43
 第 6 章 まとめ	46
6.1 結論	47
6.2 今後の課題	47
 参考文献	48

第 1 章 序章

1. 1 研究の背景

1. 2 既往研究

1. 3 研究の目的

1. 4 論文の構成

1.1 研究の背景

人口や経済の規模が非常に大きい東京都市圏のような大都市圏では、より快適な生活・ビジネスなどの環境をつくり出すため、新たな交通整備や土地利用規制改革を行っていく必要があると考えられ、実際に現在も様々な計画があり、整備・検討が行われている。都市における交通整備事業においては、交通体系が都市構造（土地利用）に影響を及ぼし、それがさらに交通需要にも影響する。この土地利用と交通の相互依存関係を考慮し、かつミクロ経済理論と整合的な政策評価手法として、応用都市経済モデル（以下、CUEM）が開発されている¹⁾²⁾³⁾。CUEMを用いた分析は、道路・鉄道・都市整備等の政策評価や、これらの分野横断的な施策による都市構造への影響評価に対して適用されている。

ところで、都市部においては、経済活動が集中することによる外部経済（および不経済）が生じることが知られており、集積の経済および集積の不経済と呼ばれる（本研究はこれらを合わせて集積外部性と呼称する）。一般的に企業や人口が地域に集中することで地域の平均生産性が上がり、更に地域住民1人当たりの費用負担額すなわち地域の平均費用が減少し、地域の人口を増加させるインセンティブが働く。一方で人口が限度を超えて増加することで、大気汚染や通勤混雑等により地域の平均費用を押し上げ、地域の人口を減少させるインセンティブも働く。集積が小さい段階では正の外部性が卓越し集積が大きくなると負の外部性が卓越する。これらを踏まえ、黒田ら(2008)⁴⁾では都市の人口と住民の効用の関係は図1-1のような逆U字型の関数になると主張している。CUEMの適用対象となる地域は都市部であることが多いが、既存のCUEMで集積外部性が扱われているものは藤井ら(2015)⁵⁾のみとなっている。

また、既存のCUEMは土地市場均衡のみを扱う構造が一般的である。しかし、現実には一般的に土地と建物が個別に取引されているため、CUEMにおいて土地市場と建物床市場を両方明示的にモデル化することで、より現実に即したモデルにすることができると考えられる。既存のCUEMで建物床市場が扱われているものとして、堤ら(2012)⁶⁾などがある。

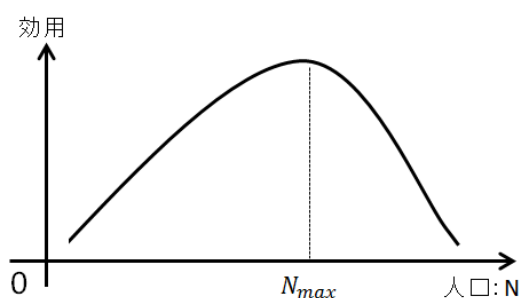


図 1-1 黒田ら(2008)における都市規模と効用の関係図

1.2 既往研究

CUEMの実務への適用はまだ少ないが、CUEMを用いた研究は数多く行われている。いくつかの研究をここで紹介する。

山崎ら(2008)⁷⁾では、三環状道路整備を例にとり、家計や企業の立地変化により新たに発生する開発交通と目的地変更や交通手段変更等によって新たに発生する誘発交通を明示的に扱い、開発・誘発交通の取り扱いの違う複数のモデルによる結果の違いについて分析している。分析結果から、開発・誘発交通を考慮するCUEMは、長期的・潜在的な影響の評価に適していることが示された。

辻ら(2013)⁸⁾、辻ら(2014)⁹⁾では、首都圏鉄道事業を対象にJR東日本による事業である上野東京ラインの整備を例に、通勤環境と居住地選択の相互関係に着目し、通勤時間の短縮による効果を余暇時間の変化と捉え、余暇の概念を家計の選好に加えたCUEMを構築し、分析を行っている。

藤井ら(2015)⁵⁾では集積外部性を考慮するため、ゾーン内の居住者人口に応じて外部経済（不経済）が生じると考え、これらの関係を2次関数により表現し、立地選択において影響を与える要因としてCUEM内で扱っている。また、従来のモデルと集積外部性を考慮した新モデルの二つのモデルで、上野東京ライン事業が各地域に与える影響を見ることで、二つのモデルを比較している。藤井ら(2015)⁵⁾については第3章で詳しく説明する。

堤ら(2012)⁶⁾では、立地者と地主という既存のCUEMで一般的に扱われている主体に加え、建物開発者という主体を考慮することで、土地市場と建物床市場を同時に扱っている。また、従来のモデルと建物床市場を考慮した新モデルの二つのモデルで、東京湾アクアラインの料金値下げという同一の施策による結果を比較することで、建物床市場の考慮が推計結果に及ぼす影響を分析している。分析結果から、都心部の容積率の高い地域において建物床市場を考慮したモデルでは従来のモデルより人口が増加する傾向があることが示された。

1.3 研究の目的

今後も交通整備や土地利用規制改革が活発に行われていくと考えられる大都市圏は、人口が集中している地域が数多く存在し集積による外部性が顕著であり、高層ビルやマンションなども多く土地面積に対する建物床面積の割合が大きい。また、近年は容積率規制緩和の議論が活発に行われている。このようなことから、大都市圏における分析では集積外部性と建物床市場を扱うことは特に重要であり、同時に扱うことで分析の幅を広げられると考えられる。しかしながら、これまでのCUEMでは集積外部性と建物床市場を同時に扱ったものはない。そこで本研究は、集積外部性と建物床市場を考慮したCUEMを構築し、考慮する要素や実施する政策ごとの結果の挙動を分析する。

1.4 論文の構成

本論文では、2章で本研究で用いる応用都市経済モデルの説明、3章で集積外部性を考慮したモデルの実都市への適用について、4章で集積外部性と建物床市場を考慮した新たなモデルの動作確認、5章で新たなモデルの仮想都市への適用、6章でまとめという構成で成り立っている。

第 2 章 応用都市経済モデル (*Comutable Urban Economic model*)

2.1 モデル概要

2.2 集積+建物モデルの式

2.3 他の 3 モデルの式

2.4 モデル全体構造

2.1 モデル概要

CUEM は、上田(1991)¹⁾, 上田(1992)²⁾, 武藤・上田・高木・富田(2000)³⁾等により構築されたモデルである。従来の実用的な土地利用・交通モデルにミクロ経済学的な基礎を導入しており、図 2-1 に示したように土地利用モデルと交通モデルが均衡するまで繰り返し計算するため、道路・鉄道・都市整備等の多様な施策を統一的に評価することが可能である。

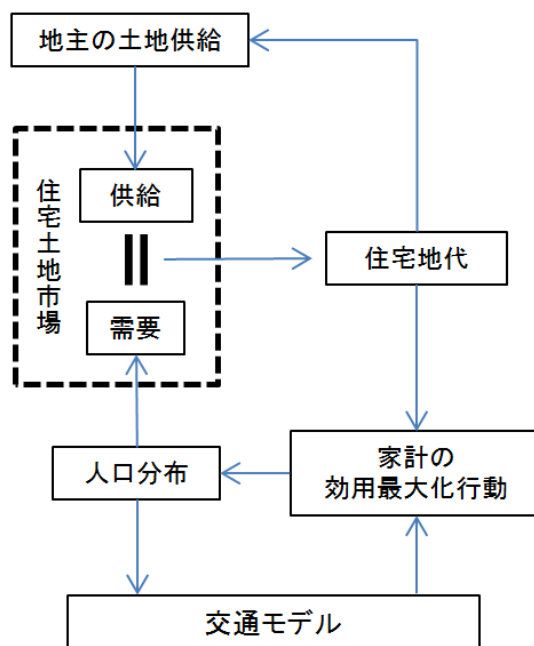


図 2-1 CUEM の概略図

2.2 集積+建物モデルの式

本研究では、CUEM として一般的に用いられている標準的なモデルに加え、藤井ら(2015)⁵⁾ によって構築された集積外部性を考慮したモデル、堤ら(2012)⁶⁾で用いられている建物床市場を考慮したモデル、本研究で新たに構築した集積外部性と建物床市場の両方を考慮したモデルの考慮する要素が異なる 4 つの CUEM を用いる（それぞれのモデルは標準モデル・集積モデル・建物モデル・集積+建物モデルと呼称する）。

ここでは、本研究で用いるモデルの概要・前提について述べてから、本研究で新たに構築した集積+建物モデルのモデル式を紹介する。本研究で用いるモデルの概要・前提については以下に示す。

- ①想定する経済主体は家計・地主・建物開発者であり、それぞれが同一の選好を持つ。
- ②家計は人口 1 人あたりで捉え、地主・建物開発者はそれぞれ不在地主（開発者）とする。
- ③家計と地主・建物開発者はそれぞれ効用・利潤が最大となるように行動する。
- ④対象地域内の空間は i 個のゾーンに分割されており、各ゾーン内における家計は同質である。

⑤家計の所得は対象地域の平均労働時間と計算で求めた賃金率より求め、全てのゾーンで一定とする。

⑥閉鎖都市モデルであり、対象地域の総人口は外生的に与えられる。

2.2.1 家計の行動モデル

①財消費行動

家計は所得制約の下で、自身の効用が最大化されるように建物床、合成財、余暇を消費し、その結果として得られる効用に基つき居住地の選択を行う。家計の効用最大化行動は(1)式のように定式化しており、建物床、合成財、余暇を財として、効用関数は一次同時の対数線形で特定化している。所得は労働時間と賃金率との積により求め、全地域共通とする。

$$V_i = \max_{z_i, a_i} [\alpha_z \ln z_i + \alpha_a \ln a_i + \alpha_l \ln l_i] \quad (1.a)$$

s.t.

$$z_i + R_i a_i \leq wK \quad (1.b)$$

$$T - K = t_i + l_i \quad (1.c)$$

i: ゾーンを表す添え字

V_i : ゾーン i の世帯の効用水準

z_i : 価格を 1 とした合成財の消費量

a_i : 住宅消費量

l_i : 余暇消費量

$\alpha_z, \alpha_a, \alpha_l$: 家計の分配パラメータ

T: 総利用可能時間

K: 労働時間 (全ゾーン共通)

t_i : ゾーン i の平均移動時間

w: 賃金率

R_i : 住宅建物賃料

(1) 式を解くと、各財の消費量が求められる。

$$z_i = \frac{\alpha_z}{\alpha_a + \alpha_z} wK \quad (2)$$

$$a_i = \frac{\alpha_a}{\alpha_a + \alpha_z} \frac{wK}{R_i} \quad (3)$$

$$l_i = T - t_i - K \quad (4)$$

(2)～(4)式を(1)式に代入すると、間接効用関数が導出される。

$$V_i = (1 - \alpha_l) \ln(wK) - \alpha_a \ln R_i + \alpha_l \ln(T - K - t_i) + C \quad (5)$$

$$C = \alpha_z \ln \alpha_z + \alpha_a \ln \alpha_a - (1 - \alpha_l) \ln(1 - \alpha_l) \quad (6)$$

②立地選択行動

家計の立地選択行動は、(5)、(6)式から導かれる間接効用に基づき、その土地を選択したときに得られる効用が最大となるように立地選択行動を行う。なお、地域固有の指標 e_i は間接効用関数に表れない居住地の魅力度要因である。

$$S = \max_{P_i} \left[\sum_i P_i v_i - \frac{1}{\theta} \sum_i P_i \ln(P_i) \right] \quad (7.a)$$

s.t.

$$\sum_i P_i = 1 \quad (7.b)$$

$$v_i = V_i + e_i \quad (8)$$

P_i : 立地選択確率

θ : 立地選択パラメータ

S : 期待最大効用

e_i : 地域固有指標

(7)、(8)式を解くことにより、以下のような立地選択確率及び期待最大効用が導出される。

$$P_i = \frac{\exp(\theta v_i)}{\sum_i \exp(\theta v_i)} \quad (9)$$

$$S = \frac{1}{\theta} \ln \sum_i \exp(\theta v_i) \quad (10)$$

現在の土地利用・交通相互作用モデルや CUEM では、対象地域の世帯の全てが主体を立地配分する場合が多い。しかしながら、実際には対象地域の全ての主体が立地点を変更するわけではない。そこで、本分析では尹ら(2000)¹⁰⁾と同様に主体を立地変動別に「留保層」と「変動層」に分類し、変動層のみを立地配分対象とする。各ゾーンの人口は留保率を考慮して以下のように求められる。

$$N_i = N_i^H + N_i^S \quad (11)$$

$$N_i^H = H N_{i0} \quad (12)$$

$$N_i^S = (1 - H) N^T P_i \quad (13)$$

N_i : ゾーン人口

H : 留保率

N_i^H : 留保人口

N_{i0} : ゾーン初期人口

N_i^S : 変動人口

③立地選択における集積外部性

本研究ではゾーン内の居住者人口に応じて外部経済（不経済）が生じると考え、これらの関係を(14)式に示す2次関数により表現する。これを集積外部性と呼び、立地選択において影響を与える要因として扱う。

$$f(N_i) = a N_i^2 + b N_i + c \quad (14)$$

$f(N_i)$: 集積外部性の大きさ

N_i : ゾーン人口

a, b, c : パラメータ

本モデルでは、(8)式の効用関数に集積外部性を考慮する。

$$v_i = f(N_i) \cdot V_i + e_i \quad (8)'$$

したがって、集積外部性を考慮したモデルにおいてはこの(7), (8)'式を解くことにより、立地選択確率及び期待最大効用が導出される。ここで、自らの選択によって N_i に及ぼす影響は考えないこととすると、 $f(N_i)$ は外生値として最適化問題が解かれるので、標準モデルと同様に(9), (10)式が導出される。

2.2.2 建物開発者の行動モデル

開発者は土地面積と資材から建物床面積を生み出し家計に供給することで、利潤を最大にする。開発者の利潤最大化行動は(15)式のように示される。建物の除去、耐久性、最適開発時点等の動学的要素は考慮していない。

$$\Pi_i = \max_{Q_i, L_i, K_i} (R_i Q_i - r_i L_i - M K_i) \quad (15.a)$$

$$Q_i = v \cdot L_i^a \cdot K_i^b \quad (15.b)$$

(15)式を解くと、利潤関数が導出される。

$$\Pi_i = \varphi_1 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot r_i^{-\frac{a}{1-a-b}} \quad (16)$$

(16)式にHotellingの補題を用いることで、建物床供給関数と土地需要関数が(17), (18)式のように導出される。

$$Q_i = \varphi_2 \cdot R_i^{\frac{a+b}{1-a-b}} \cdot r_i^{-\frac{a}{1-a-b}} \quad (17)$$

$$L_i = \varphi_3 \cdot R_i^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot r_i^{-\frac{1-b}{1-a-b}} \quad (18)$$

Π_i : ゾーン i の開発者の利潤

R_i : 住宅建物賃料

Q_i : 建物床供給面積

r_i : 住宅地代

L_i : 土地面積需要量

M : 土地以外の資材価格(一定)

K_i : 土地以外の資材投入量

a, b, v : パラメータ(但し, $0 < a + b < 1$)

$\varphi_1, \varphi_2, \varphi_3$: パラメータ

$$\varphi_1 = M^{-\frac{b}{1-a-b}} \cdot v^{\frac{1}{1-a-b}} \cdot \left(a^{\frac{a}{1-a-b}} \cdot b^{\frac{b}{1-a-b}} - a^{\frac{1-b}{1-a-b}} \cdot b^{\frac{b}{1-a-b}} - a^{\frac{a}{1-a-b}} \cdot b^{\frac{1-a}{1-a-b}} \right)$$

$$\varphi_2 = \varphi_1 \cdot \frac{1}{1-a-b}, \quad \varphi_3 = \varphi_1 \cdot \frac{a}{1-a-b}$$

但し, 建物床供給面積が法定容積率による制限を超える場合, 開発者の建物床供給関数, 土地需要関数は(19), (20)式のようになる.

$$Q_i = \bar{Q}_i \quad (19)$$

$$L_i = \frac{\bar{Q}_i}{\mu_i} \quad (20)$$

\bar{Q}_i : 法定容積率から算出される限界建物床面積

μ_i : 法定容積率

2.2.3 地主の行動モデル

地主は開発者へ土地を供給し, 地代収入による利潤を得る. 地主は地代に応じて供給可能面積のうち何割を市場に供給するのかを決定する. その地主の土地供給関数を山崎ら(2008)⁷⁾と同様に以下のように定式化する. (21)式の()内は0から1までの値をとるものとし, 地主が供給可能面積のうち何割を市場に供給するのかが決定される.

$$y_i = \bar{y}_i \left(1 - \frac{\sigma_i}{r_i} \right) \quad (21)$$

y_i : 土地供給量

\bar{y}_i : 土地供給可能面積

σ_i : パラメータ

2.2.4 均衡条件

集積+建物モデルでは立地均衡, 建物床市場均衡, 土地市場均衡を考える.

①立地均衡

立地均衡とは、もはやどの家計も自らの立地選択を変更しても効用を向上させることはできない状態のことであり、(22)式のように各ゾーンの立地需要量の総和が都市圏の総立地者と合致することである。

$$N^T = \sum_i N_i \quad (22)$$

N^T : 対象地域総人口

N_i : ゾーン人口

②建物床市場均衡

建物床市場の均衡条件は、各ゾーンにおける家計の建物床需要量と開発者の建物床供給面積が合致することである。

$$A_i = Q_i \quad (23.a)$$

$$A_i = a_i N_i \quad (23.b)$$

A_i : ゾーン建物床需要量

Q_i : 建物床供給面積

a_i : 住宅消費量

③土地市場均衡

土地市場の均衡条件は、各ゾーンにおける開発者の土地面積需要量と地主の土地供給量が合致することである。

$$L_i = y_i \quad (24)$$

L_i : 土地面積需要量

y_i : 土地供給量

2.2.5 交通モデル

OD 交通量の推定には二重制約型のグラビティモデルを用いる。以下に定式化した式を(25)～(30)式に示す。各ゾーンの発生交通量はゾーン人口の変化から(31)式を用いて推定する。なお、

本分析では移動目的地の変更は考えていないため、集中交通量の変化はないものとしている。

$$q_{ij} = \exp[\alpha] \frac{O_i^\beta D_j^\gamma}{T_{ij}^\delta} \quad (25)$$

$$\exp[\alpha] = a_i b_j \quad (26)$$

$$a_i = \frac{O_i}{\sum_{j=1}^N b_j O_i^\beta D_j^\gamma T_{ij}^{-\delta}} \quad (27)$$

$$b_j = \frac{D_j}{\sum_{i=1}^N a_i O_i^\beta D_j^\gamma T_{ij}^{-\delta}} \quad (28)$$

$$\sum_{j=1}^N q_{ij} = O_i \quad (29)$$

$$\sum_{i=1}^N q_{ij} = D_j \quad (30)$$

$$O_i = oriO_i + O^T \cdot \frac{N_i - oriN_i}{N^T} \quad (31)$$

また、各ゾーンの移動時間指標については、(32)式のように OD 交通量で重み付けした荷重平均とした。

$$t_i = \frac{\sum_{j=1}^N T_{ij} \times q_{ij}}{O_i} \quad (32)$$

q_{ij} : ゾーン i から j への交通量

T_{ij} : ゾーン i から j への所要時間

$\alpha, \beta, \gamma, \delta$: 重力パラメータ

O_i : ゾーン i での発生交通量

D_j : ゾーン j での集中交通量

$oriO_i$: ゾーン i の初期発生交通量

O^T : 総発生交通量

$oriN_i$: ゾーン初期人口

2.3 他の3モデルの式

ここまで紹介してきたモデル式は、本研究で新たに構築した集積+建物モデルのものである。ここでは集積+建物モデルの式と他の3モデル（標準モデル・集積モデル・建物モデル）の式の違いを述べる。また、交通モデルは4モデルとも等しく(25)～(32)式を用いている。

①標準モデル

標準モデルでは、(1)～(13)式の住宅建物賃料 R_i を住宅地代 r_i に置き換えたもの、(21)式、(22)式、(24)式の土地面積需要量 L_i を $a_i N_i$ に置き換えたものを用いる。

②集積モデル

集積モデルでは、上記の標準モデルの(8)式を(8)'式に置き換え、(14)式を加えたものを用いる。

③建物モデル

建物モデルでは、集積+建物モデルの(8)'式を(8)式に置き換え、(14)式を除いたものを用いる。

2.4 モデル全体構造

本研究で用いる4つのCUEMの全体構造を図2-2～図2-5に示す。

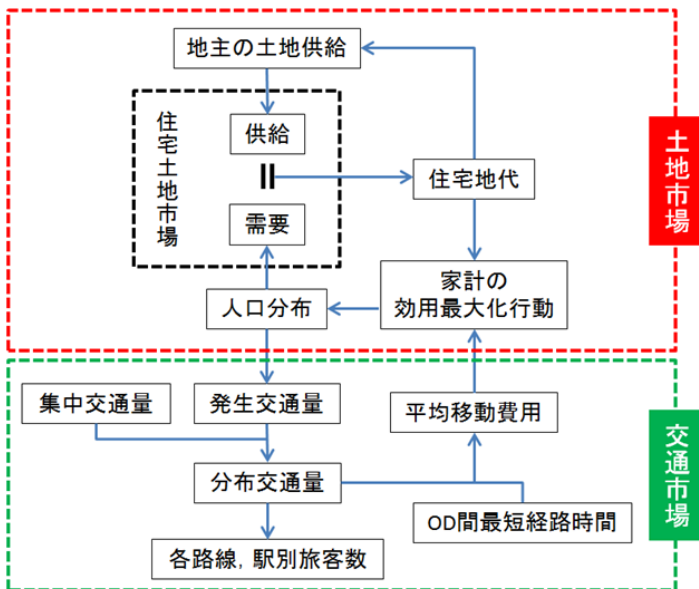


図 2-2 標準モデルの全体構造

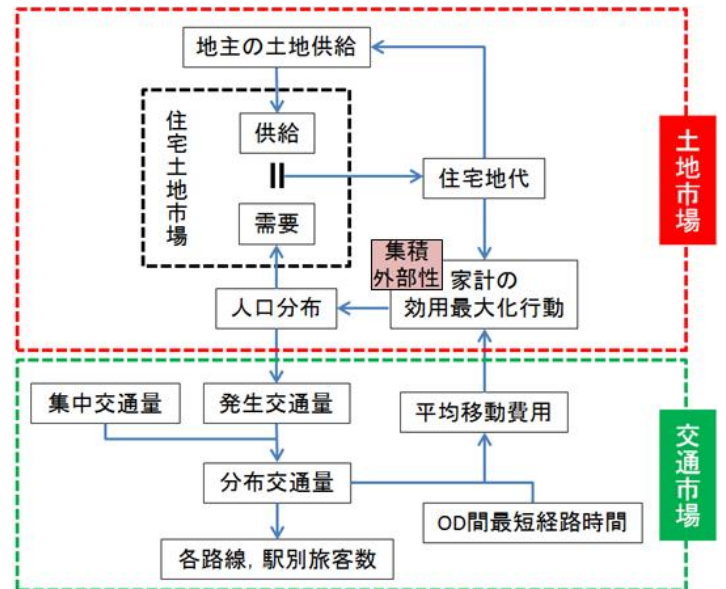


図 2-3 集積モデルの全体構造

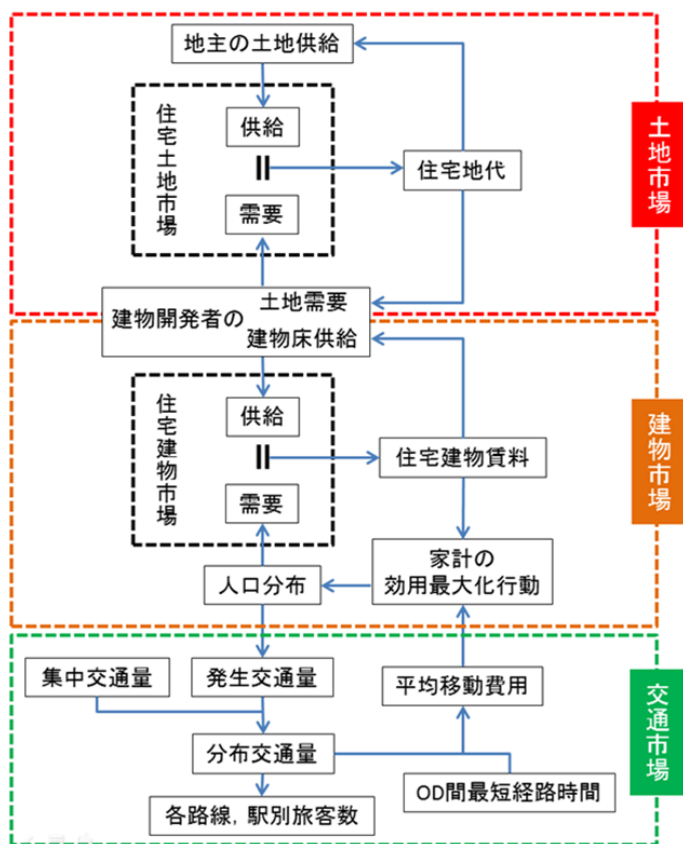


図 2-4 建物モデルの全体構造

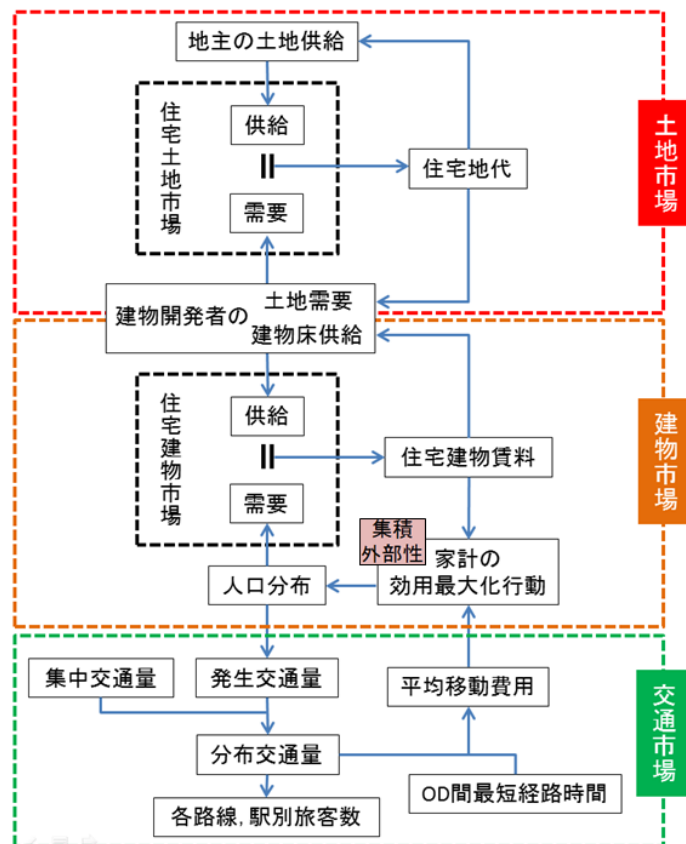


図 2-5 集積+建物モデルの全体構造

第 3 章 集積外部性を考慮したモデルの 実都市への適用

3.1 分析対象

3.2 条件設定と使用データ

3.3 パラメータの推定

3.4 分析結果

3.1 分析対象

政策シナリオとして、辻ら(2013)⁸⁾・辻ら(2014)⁹⁾と同様に、2015年3月14日に開通した上野東京ライン（図3-1）を考え、標準モデル及び集積モデルへの適用を行った。また、上野東京ライン事業の対象となる沿線以外の他方面に及ぶ影響も評価することを目的に、本研究では図3-2に示す首都圏131市区町村を分析対象とした。

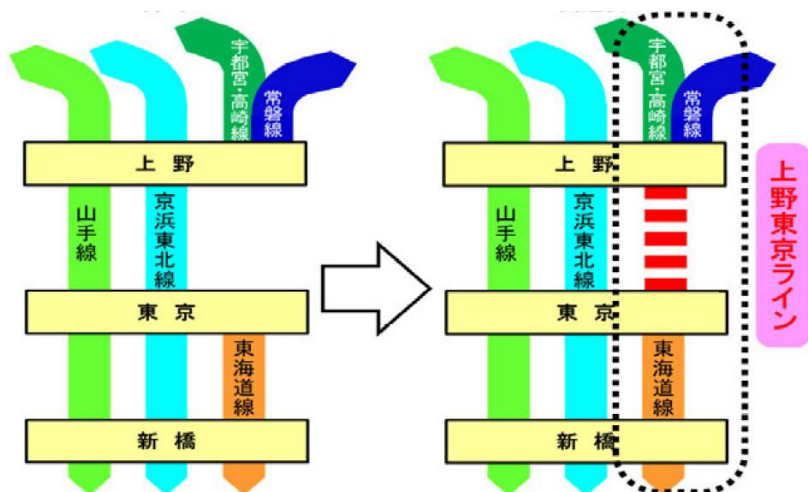


図 3-1 上野東京ラインによる路線変化（出典：JR 東日本 HP）

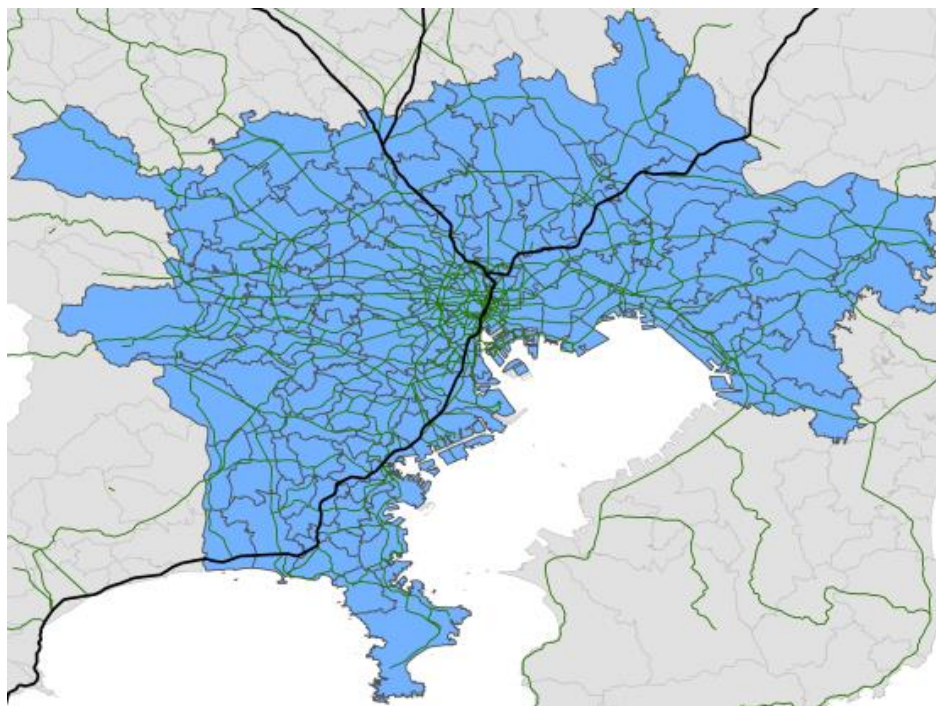


図 3-2 本研究の分析対象範

3.2 条件設定と使用データ

立地の留保率については山崎ら(2008)⁷⁾と同様に、2000年の国勢調査のデータを基に作成された値である67.3%を用いる。

賃金率は総雇用者所得を総労働時間で除す「所得接近法」により推定し、2620（円/時）を用いた。また、推定した上記の賃金率を用いることで、一人当たりの所得の最大値が求められ、約550万円となる。本研究では、この値を全ゾーン一定の家計の所得とする。この所得は統計値としての所得ではなく、利用可能時間をすべて所得機会に充当させた場合に獲得される潜在的な所得である。詳細なデータは表3-1に示す通りである。

CUEMは交通・土地利用に関するデータがそれぞれ必要である。人口はH22年の国勢調査の値を利用し、それ以外の住宅地代、供給可能面積、供給面積、通勤トリップは辻ら(2014)⁹⁾で用いられているデータを利用した。使用データは表3-2に示す。

本研究の対象範囲である東京都市圏の鉄道ネットワークデータ(概ね東京駅から半径45km以内)(図3-3)を構築した。各鉄道路線における隣接する停車駅間をリンクとし、同路線においても列車種別、例えば普通と特急、が異なればリンクも差別化して扱っている。駅における路線間・列車種別間での乗り換え時間は一回乗り換えを行う度に一律で5分有するものとして、乗り換えに相当する仮想リンクを設定した。また、利用者数や位置関係をもとに各市区町村の代表駅を決め(表3-3)、新たに各市区町村と代表駅を繋ぐリンクを作成した。〔新宿区の代表駅は新宿駅であり、新宿区に住んでいる人は全員が新宿駅から出発し、新宿区に勤務する人は全員が新宿駅に到着すると考える。〕その後、最短経路検索を行うことで、各市区町村間の所要時間を求める。また上野東京ライン事業によって新設される区間をネットワーク内の新たなリンクとして加えることで、鉄道ネットワーク変化を表現した。上野東京ライン事業による各市区町村の移動時間の変化率を図3-4に示す。

表 3-1 賃金率の設定

	対象地域平均	出典
労働時間(時/日)	5.757	H22 労働力調査年報
総就業者数(人)	14,007,527	H22 国勢調査
総雇用者所得(円/年)	77,113,570,857,187	H22 県民経済計算
賃金率(円/時)	2,620	

表 3-2 交通と土地利用のデータ

モデルの変数	分類	出典
利用可能面積	住宅地	都市計画年報
土地供給量	住宅地	各都県統計書
人口	年齢階層分類なし	総務省統計局
旅客トリップ	通勤	東京都市圏パーソントリップ調査

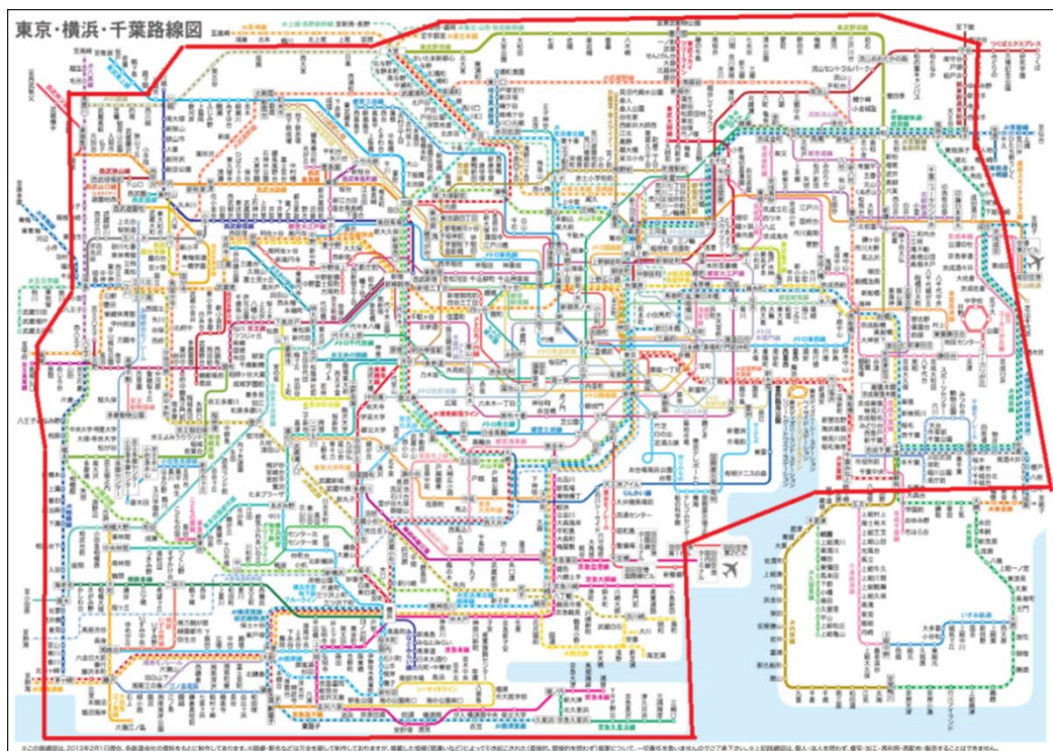


図 3-3 構築した東京都市圏の鉄道ネットワーク (http://www.meik.jp/2rosenzu/14_tokyo_yokohama.html)

表 3-3 分析対象の 131 市区町村名とその代表駅

市区町村名	代表駅名				
1 千代田区	東京駅	46 八王子市	八王子駅	91 富士見市	鶴瀬駅
2 中央区	銀座駅	47 福生市	拝島駅	92 志木市	志木駅
3 港区	新橋駅	48 瑞穂町	箱根崎駅	93 新座市	新座駅
4 新宿区	新宿駅	49 川崎市川崎区	川崎駅	94 朝霞市	北朝霞駅
5 文京区	春日駅	50 川崎市幸区	新川崎駅	95 和光市	和光市駅
6 台東区	上野駅	51 川崎市中区	武蔵小杉駅	96 戸田市	戸田駅
7 墨田区	押上駅	52 川崎市高津区	武蔵溝ノ口駅	97 蕨市	蕨駅
8 江東区	豊洲駅	53 川崎市多摩区	登戸駅	98 川口市	川口駅
9 品川区	大井町駅	54 川崎市宮前区	宮前平駅	99 鳩ヶ谷市	鳩ヶ谷駅
10 目黒区	中目黒駅	55 川崎市麻生区	新百合ヶ丘駅	100 草加市	草加駅
11 大田区	蒲田駅	56 横浜市鶴見区	鶴見駅	101 越谷市	南越谷駅
12 世田谷区	三軒茶屋駅	57 横浜市神奈川区	東神奈川駅	102 春日部市	春日部駅
13 渋谷区	渋谷駅	58 横浜西区	横浜駅	103 三郷市	三郷駅
14 中野区	中野駅	59 横浜市中区	関内駅	104 八潮市	八潮駅
15 杉並区	荻窪駅	60 横浜南区	藤田駅	105 千葉市中央区	千葉駅
16 豊島区	池袋駅	61 横浜市保土ヶ谷区	保土ヶ谷駅	106 千葉市花見川区	轟港駅
17 北区	王子駅	62 横浜市磯子区	新杉田駅	107 千葉市稲毛区	稲毛駅
18 荒川区	西日暮里駅	63 横浜市金沢区	金沢文庫駅	108 千葉市若葉区	都賀駅
19 板橋区	大山駅	64 横浜市港北区	新横浜駅	109 千葉市緑区	学園前駅
20 練馬区	練馬駅	65 横浜市戸塚区	戸塚駅	110 千葉市美浜区	検見川駅
21 足立区	北千住駅	66 横浜市港南区	上大岡駅	111 四街道市	四街道駅
22 葛飾区	青砥駅	67 横浜市旭区	二俣川駅	112 佐倉市	京成佐倉駅
23 江戸川区	葛西駅	68 横浜市緑区	中山駅	113 酒々井町	酒々井駅
24 田無市	田無駅	69 横浜市瀬谷区	瀬谷駅	114 成田市	成田駅
25 保谷市	保谷駅	70 横浜市栄区	本郷台駅	115 印西市	千葉ニュータウン中央駅
26 武蔵野市	吉祥寺駅	71 横浜市泉区	いずみ中央駅	116 印旛村	印旛日本医大駅
27 三鷹市	三鷹駅	72 横浜市青葉区	あざみ野駅	117 八千代市	膳台駅
28 調布市	調布駅	73 横浜市都筑区	セター南駅	118 我孫子市	我孫子駅
29 狛江市	狛江駅	74 相模原市	相模原駅	119 柏市	柏駅
30 清瀬市	清瀬駅	75 横浜賀市	横浜賀中央駅	120 白井町	白井駅
31 東久留米市	東久留米駅	76 鎌倉市	鎌倉駅	121 鎌倉谷市	新鎌倉谷駅
32 小平市	小平駅	77 藤沢市	藤沢駅	122 船橋市	船橋駅
33 国分寺市	国分寺駅	78 茅ヶ崎市	茅ヶ崎駅	123 習志野市	京成津田沼駅
34 国立市	国立駅	79 逗子市	逗子駅	124 野田市	野田駅
35 小金井市	武蔵小金井駅	80 大和市	大和駅	125 流山市	流山おおたかの森駅
36 府中市	府中駅	81 海老名市	海老名駅	126 松戸市	松戸駅
37 稲城市	稲城駅	82 浦和市	浦和駅	127 市川市	本八幡駅
38 多摩市	多摩センター駅	83 大宮市	大宮駅	128 浦安市	新浦安駅
39 町田市	町田駅	84 与野市	与野本町駅	129 水海道	守谷駅
40 東村山市	東村山駅	85 岩槻市	岩槻駅	130 取手	取手駅
41 東大和市	東大和市駅	86 飯能市	東飯能駅	131 沼南町	高柳駅
42 武蔵村山市	上北台駅	87 狹山市	狹山駅		
43 立川市	立川駅	88 入間市	入間駅		
44 日野市	高幡不動駅	89 所沢市	所沢駅		
45 昭島市	昭島駅	90 川越市	川越駅		

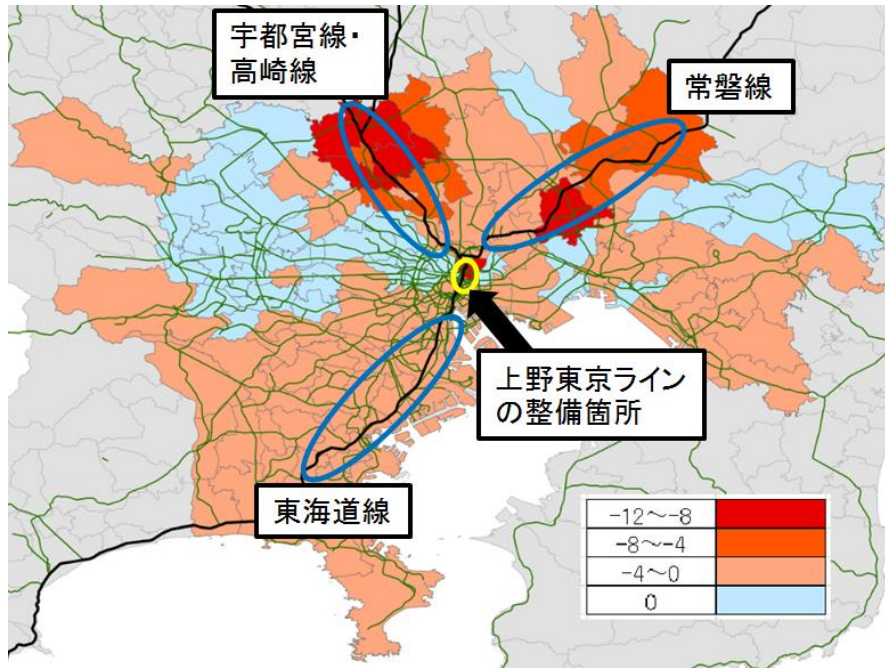


図 3-4 上野東京ラインによる通勤時間指標変化率（％）

3.3 パラメータの推定

余暇パラメータ α_l は、労働力調査年報の労働時間と社会生活基本調査の通勤時間を利用して求める。

立地選択パラメータ θ ・住宅パラメータ α_a ・合成財パラメータ α_z ・集積外部性のパラメータ a, b, c は、以下の(33)式により求められる推定立地選択確率と実際の立地選択確率から、最尤推定法により求める。また、標準モデルでは集積外部性関数 $f(N_i)$ は考えないため(33)式から $f(N_i)$ を除いた式を用いる。本分析において、集積外部性のパラメータはそれぞれ $a=-0.000054$, $b=0.008340$, $c=0.587350$ となり、最適都市規模は約 77 万人となった。これらの値から求められる集積外部性関数を図 3-5 に、分析対象の 131 市区町村の集積外部性の大きさを表 3-4 に示す。

$$P_i = \frac{\exp \{ \theta [f(N_i) \cdot V_i] \}}{\sum_i \exp \{ \theta [f(N_i) \cdot V_i] \}} \quad (33)$$

地域固有指標である e_i は、(9)式で求められる立地選択確率が実際の立地選択確率と一致するようにキャリブレーションを行うことで求める。

地主のパラメータである σ_i は、(21)式を変形して実データを用いることで地域ごとに求める。

二重制約型グラビティモデルの重力パラメータは、非線形最小二乗法を用いて求める。

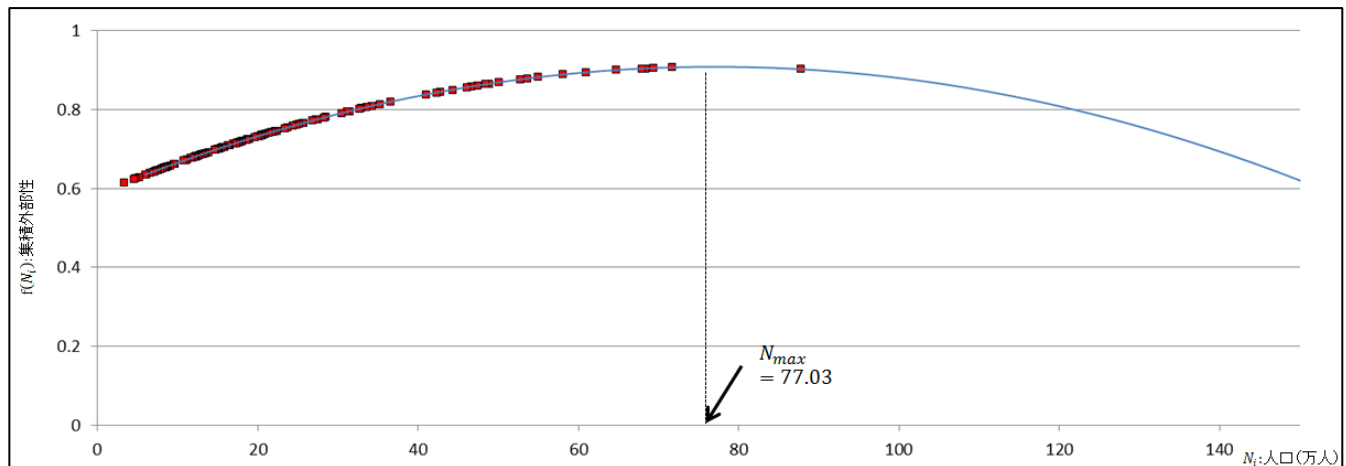


図 3-5 推定したパラメータによって求まった集積外部性関数

表 3-4 分析対象の 131 市区町村の人口と集積外部性

順位	市区町村名	人口(万人)	集積外部性	順位	市区町村名	人口(万人)	集積外部性	順位	市区町村名	人口(万人)	集積外部性
1	練馬区	71.6124	0.906995	46	調布市	22.3593	0.746772	91	朝霞市	12.9691	0.686413
2	世田谷区	87.7138	0.902404	47	横浜市港南区	22.1411	0.745477	92	野田市	12.6943	0.684503
3	大田区	69.3373	0.90538	48	川崎市宮前区	21.8867	0.743962	93	横浜市瀬谷区	12.6913	0.684482
4	足立区	68.3426	0.904498	49	川崎市高津区	21.736	0.743061	94	横浜市栄区	12.4866	0.683053
5	江戸川区	67.8967	0.904067	50	川崎市川崎区	21.7328	0.743042	95	戸田市	12.3079	0.681803
6	相模原市	64.6498	0.900286	51	川崎市多摩区	21.3894	0.740979	96	中央区	12.2762	0.681581
7	船橋市	60.904	0.894505	52	横浜市金沢区	20.9274	0.738185	97	水海道	12.2427	0.681346
8	八王子市	58.0053	0.888989	53	横浜市保土ヶ谷区	20.6634	0.736577	98	千葉市緑区	12.1921	0.680991
9	杉並区	54.9569	0.882206	54	文京区	20.6626	0.736572	99	国分寺市	12.065	0.680097
10	板橋区	53.5824	0.878819	55	港区	20.5131	0.735659	100	小金井市	11.8852	0.678831
11	浦和市	52.6803	0.876485	56	渋谷区	20.4492	0.735267	101	東久留米市	11.6546	0.677202
12	川口市	50.0598	0.869204	57	荒川区	20.3296	0.734534	102	昭島市	11.2297	0.674184
13	大宮市	48.829	0.865528	58	横浜市都筑区	20.1271	0.733288	103	岩槻市	11.1286	0.673463
14	松戸市	48.4457	0.864349	59	千葉市中央区	19.9364	0.732111	104	成田市	10.9389	0.672108
15	市川市	47.3919	0.861028	60	横浜市南区	19.6153	0.730121	105	保谷市	10.9295	0.67204
16	横須賀市	46.6677	0.858675	61	八千代市	18.9781	0.726138	106	鎌ヶ谷市	10.7853	0.671007
17	江東区	46.0819	0.856731	62	小平市	18.7035	0.724408	107	与野市	9.6055	0.66247
18	葛飾区	44.2586	0.850441	63	三鷹市	18.6083	0.723806	108	横浜市西区	9.4867	0.661601
19	町田市	42.6987	0.844774	64	千葉市花見川区	18.0949	0.720544	109	逗子市	9.1068	0.658815
20	越谷市	42.2764	0.843195	65	日野市	18.0052	0.719971	110	田無市	8.7216	0.655974
21	藤沢市	40.9657	0.83817	66	立川市	17.9668	0.719726	111	四街道市	8.6726	0.655612
22	品川区	36.5302	0.819785	67	横浜市緑区	17.7631	0.718421	112	稲城市	8.4835	0.65421
23	柏市	35.2375	0.814026	68	台東区	17.5928	0.717326	113	飯能市	8.3549	0.653255
24	川越市	34.267	0.809583	69	鎌倉市	17.4314	0.716286	114	東大和市	8.3068	0.652897
25	所沢市	34.1924	0.809237	70	佐倉市	17.2183	0.714909	115	八潮市	8.2977	0.652829
26	北区	33.5544	0.806256	71	川崎市麻生区	16.9926	0.713444	116	和光市	8.0745	0.651166
27	横浜市港北区	32.9471	0.803377	72	浦安市	16.4877	0.710148	117	狛江市	7.8751	0.649675
28	新宿区	32.6309	0.801863	73	習志野市	16.453	0.709921	118	国立市	7.551	0.647242
29	中野区	31.475	0.796233	74	流山市	16.3984	0.709562	119	清瀬市	7.4104	0.646183
30	大和市	31.1353	0.794552	75	横浜市磯子区	16.3237	0.709072	120	酒々井町	7.2321	0.644838
31	横浜市青葉区	30.4297	0.791018	76	新座市	15.8777	0.706129	121	蕨市	7.1502	0.644218
32	豊島区	28.4678	0.780911	77	千葉市稲毛区	15.7768	0.705461	122	武蔵村山市	7.0053	0.643121
33	茅ヶ崎市	28.2753	0.779897	78	狹山市	15.5727	0.704105	123	志木市	6.9611	0.642786
34	横浜市戸塚区	27.4324	0.775409	79	横浜市泉区	15.5698	0.704086	124	印西市	6.5595	0.63973
35	横浜市鶴見区	27.2178	0.774254	80	川崎市幸区	15.4212	0.703096	125	鳩ヶ谷市	6.0908	0.636142
36	目黒区	26.833	0.77217	81	東村山市	15.3557	0.702658	126	白井町	6.0345	0.635709
37	海老名市	25.7143	0.766022	82	千葉市若葉区	15.1585	0.701339	127	福生市	5.9796	0.635287
38	府中市	25.5506	0.765111	83	千葉市美浜区	15.0162	0.700385	128	沼南町	5.1637	0.628974
39	富士見市	25.1137	0.762666	84	入間市	14.9872	0.70019	129	千代田区	4.7115	0.625445
40	横浜市旭区	25.1086	0.762637	85	多摩市	14.7648	0.698694	130	印旛村	4.5161	0.623912
41	墨田区	24.7606	0.760674	86	横浜市中区	14.6033	0.697603	131	瑞穂町	3.3497	0.614681
42	草加市	24.3855	0.758543	87	武蔵野市	13.8734	0.692641				
43	春日部市	23.7171	0.754709	88	取手	13.5129	0.690169				
44	川崎市中原区	23.3925	0.75283	89	我孫子市	13.4017	0.689403				
45	横浜市神奈川区	23.3429	0.752542	90	三郷市	13.1415	0.687607				

3.4 分析結果

標準モデル・集積モデルともに、上野東京ラインにより都心部へのアクセスが良くなる常磐線と宇都宮線・高崎線沿線で人口・地代が増加している。また、人口・地代が減少している地域も、両モデルとも同じような傾向が見られた。しかし、変化率の値に着目すると、標準モデルでは人口・地代ともに最も増加している地域では2%以上増加しているのに対し、集積モデルではどちらも0.3%にも満たない増加となっている。つまり、集積外部性を考慮することで整備による人口・地代の変化が全体的に小さくなっている。両モデルでの地代・人口の変化率を図3-6～図3-9に示す。

集積外部性を考慮したことによる各市区町村間での相対的な影響を見るため、集積外部性を考慮しない場合とした場合でそれぞれ人口増加率の順位を求め、集積外部性の大きい上位10地域でその順位がどのように変化しているかを確かめた（図3-10）。その結果、上位10地域の中にも集積外部性を考慮することで順位が下がっている地域もあったが、特に集積外部性の大きい上位5地域では、集積外部性を考慮することで人口増加率の順位が大幅に上がっていることがわかった。したがって、集積外部性を考慮したモデルでは集積外部性の値が大きいと、人口増加に正の影響が及びやすいということがわかった。

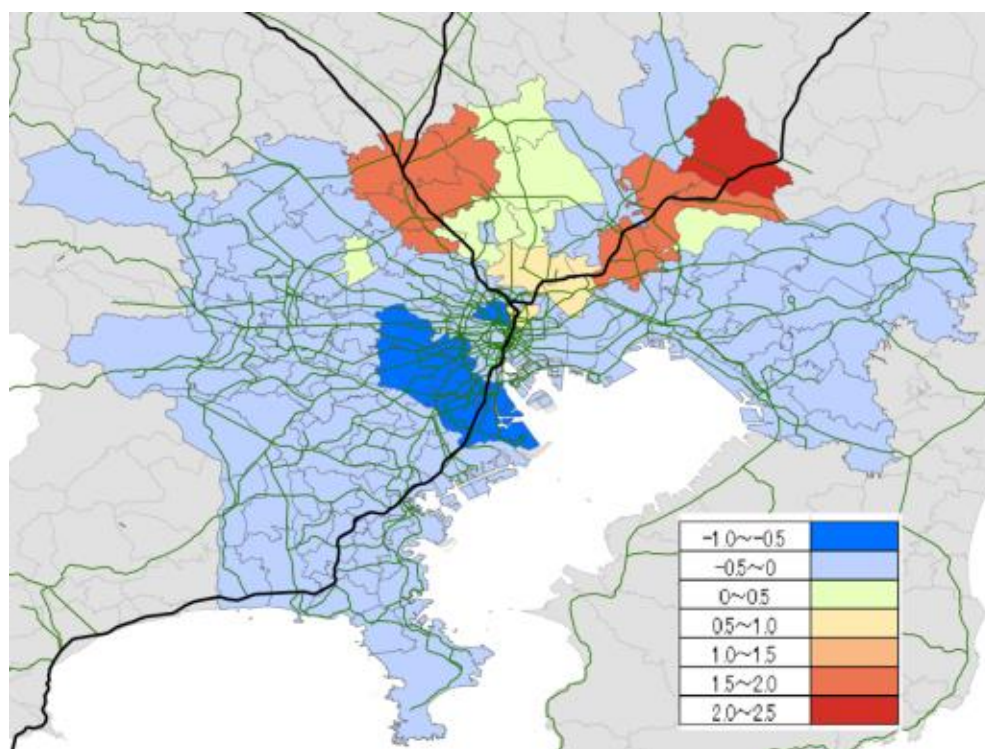


図 3-6 標準モデルでの地代変化率(%)

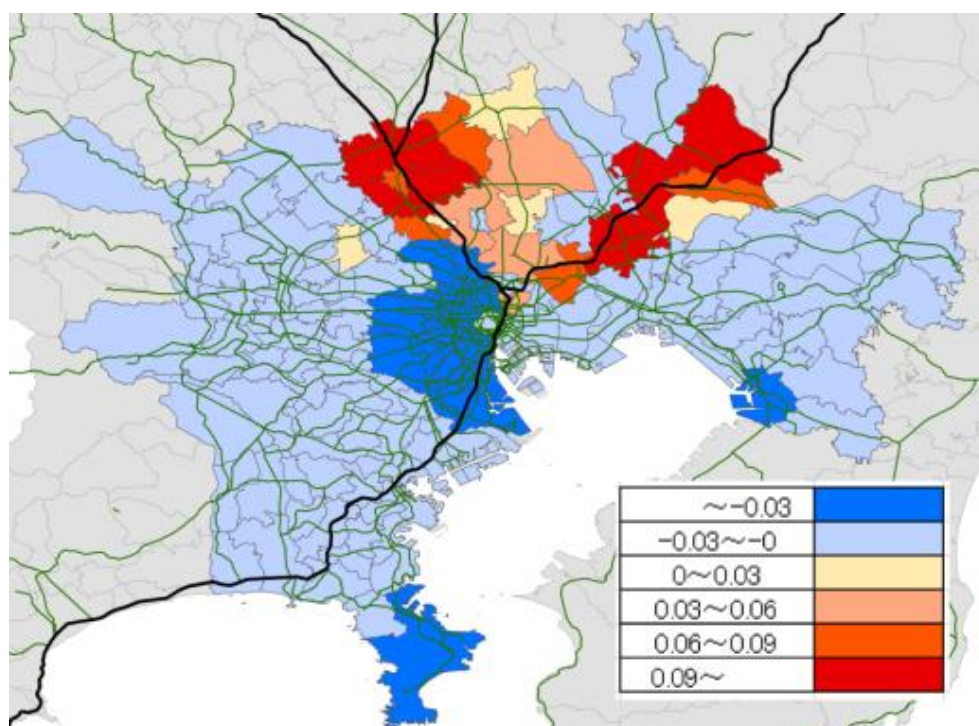


図 3-7 集積モデルでの地代変化率(%)

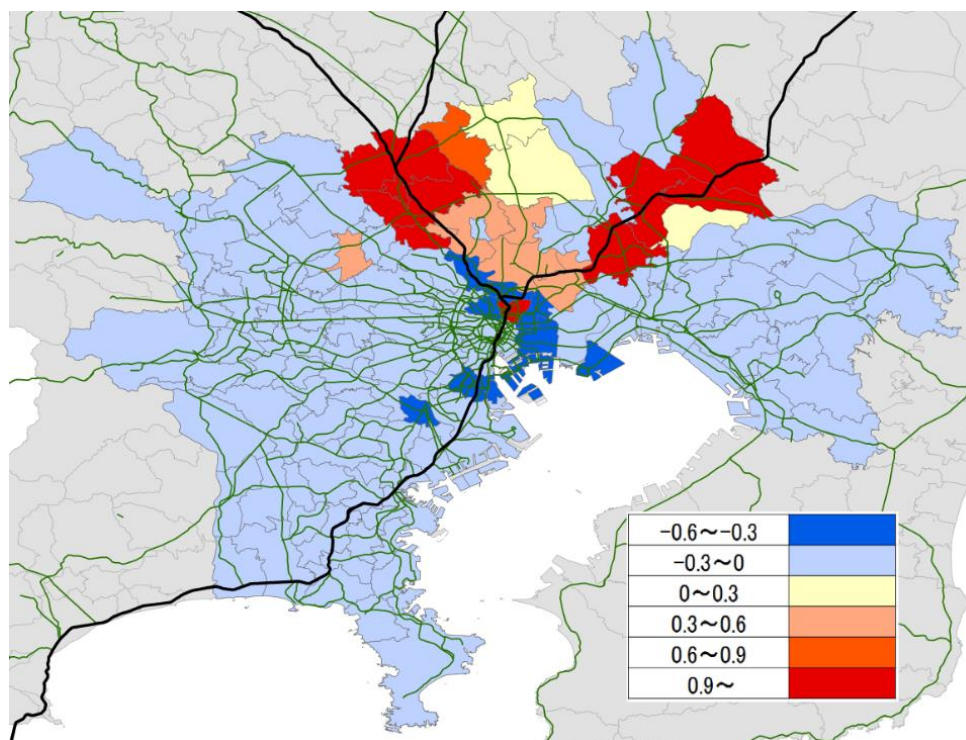


図 3-8 標準モデルでの人口変化率(%)

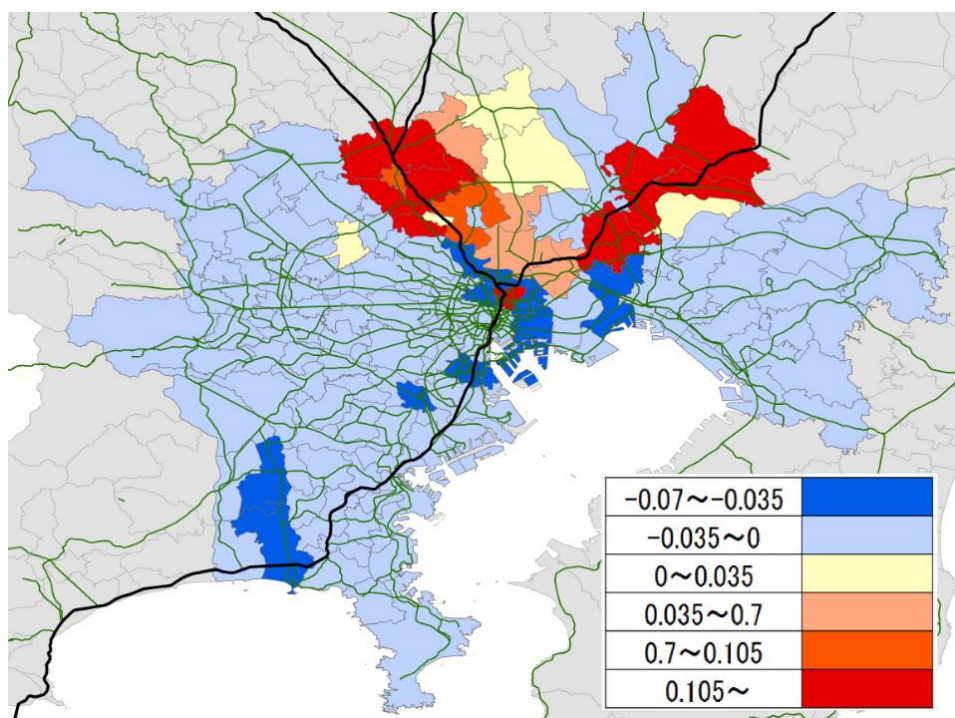


図 3-9 集積モデルでの人口変化率 (%)

集積外部性を考慮しない CUEMでの人口増加率順位			集積外部性を考慮した CUEMでの人口増加率順位		
順位	人口増加率	地域	順位	人口増加率	地域
1	0.02136	浦和市	1	0.00263	浦和市
2	0.02120	柏市	2	0.00261	柏市
3	0.02082	台東区	3	0.00255	松戸市
129	-0.00331	荒川区	129	-0.00040	北区
130	-0.00341	江東区	130	-0.00041	品川区
131	-0.00344	墨田区	131	-0.00043	江東区

集積外部性の大きい 上位10地域			人口増加率順位		順位 変化
順位	集積外部性	地域	集積外部性を 考慮しないCUEM	集積外部性を 考慮したCUEM	
1	0.9070	練馬区	74	40	+34
2	0.9054	大田区	122	83	+39
3	0.9045	足立区	14	13	+1
4	0.9041	江戸川区	115	79	+36
5	0.9024	世田谷区	86	25	+61
6	0.9003	相模原市	53	63	-10
7	0.8945	船橋市	120	102	+18
8	0.8890	八王子市	37	49	-12
9	0.8822	杉並区	76	82	-6
10	0.8788	板橋区	82	90	-8

図 3-10 集積外部性の考慮の有無による各地域間の相対的な影響

第 4 章 集積外部性と建物床市場を 考慮したモデルの動作確認

4.1 均一 3 都市の設定

4.2 政策感度分析

4.3 パラメータ感度分析

4.1 均一3都市の設定

新たに構築した集積+建物モデルの挙動の確認, 及び考慮する要素が異なる他のモデルとの比較を行うため, 図 4-1 のような均一な 3 都市を設定し, 各モデルでの政策感度分析及び, 集積+建物モデルでのパラメータ感度分析を行う。

均一都市では推定ができない集積外部性のパラメータ a, b, c ・家計の分配パラメータ αa は, それぞれ $a=-0.001, b=0.03, c=1.75$ (最適都市規模=15 万人), $\alpha a=0.10$ と設定した。

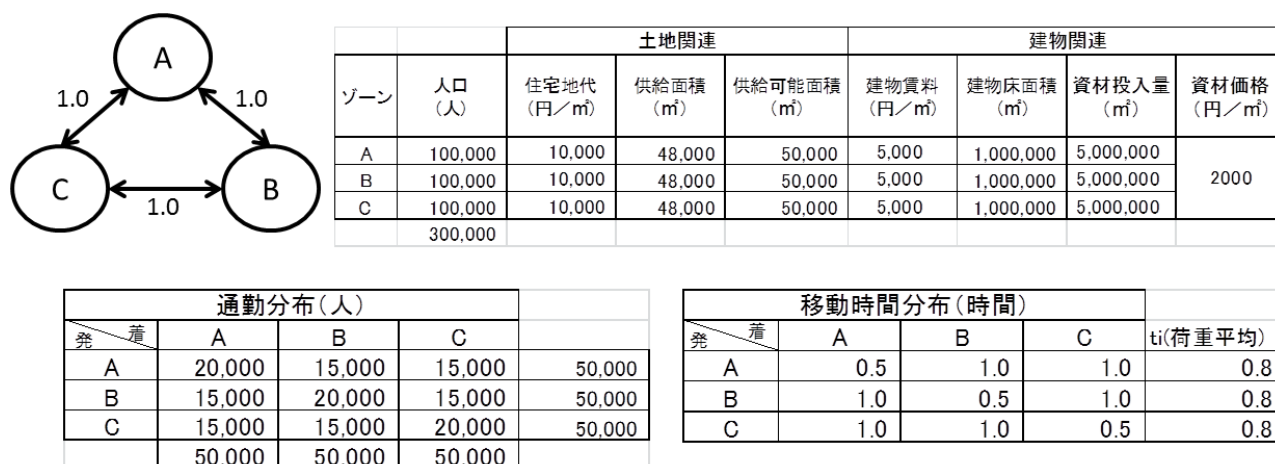


図 4-1 設定した均一 3 都市

4.2 政策感度分析

4.2.1 交通政策

ゾーン A・B 間の移動時間が減少する政策を考える。政策感度分析を行うため, 初期状態では 1.0 時間である移動時間を 0.05 時間刻みで 0.55 時間まで減少させていくときの, 各モデルでの人口の変化を見る (立地選択パラメータ $\theta=10$ とした)。

4.2.2 交通政策の大きさによる結果の変化

各モデルでの大きさが異なる交通政策による人口の結果と各区間での人口増加量をグラフ化したものを図 4-2～図 4-5 に表した。

4 つのモデルでの結果を比較したところ, 集積外部性を考慮していない二つのモデルでは人口の増加量が交通政策を大きくしていくにつれて減少していくのに対して, 集積外部性を考慮している二つのモデルでは人口の増加量が交通政策を大きくしていくにつれて増加していることがわかる。これは, 集積外部性を考慮することで人口が増加するにつれて集積外部性の値が大きくなっていくことが影響していると考えられる。

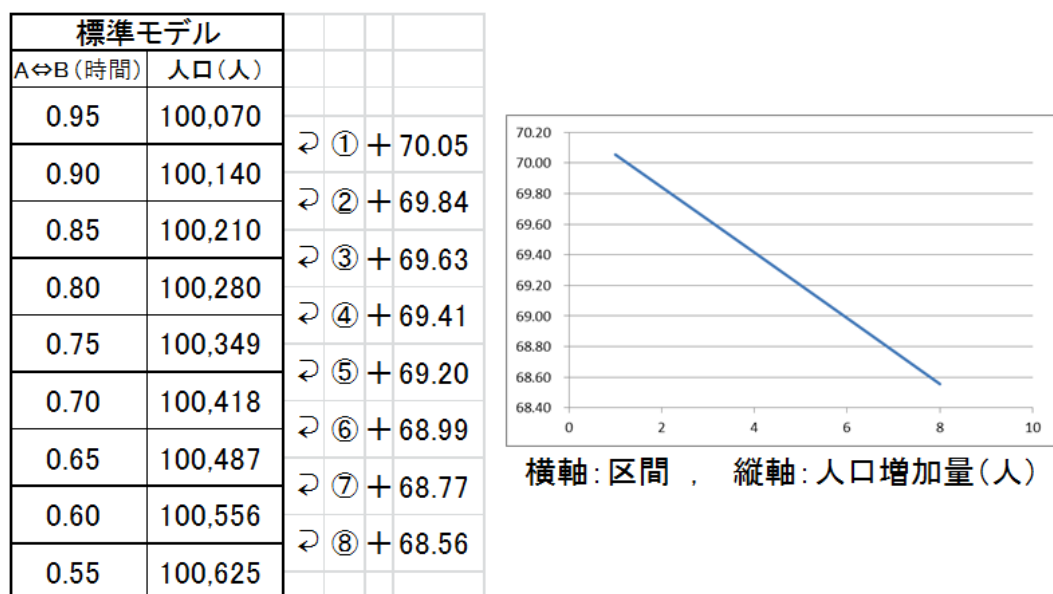


図 4-2 標準モデルでの人口と人口増加量

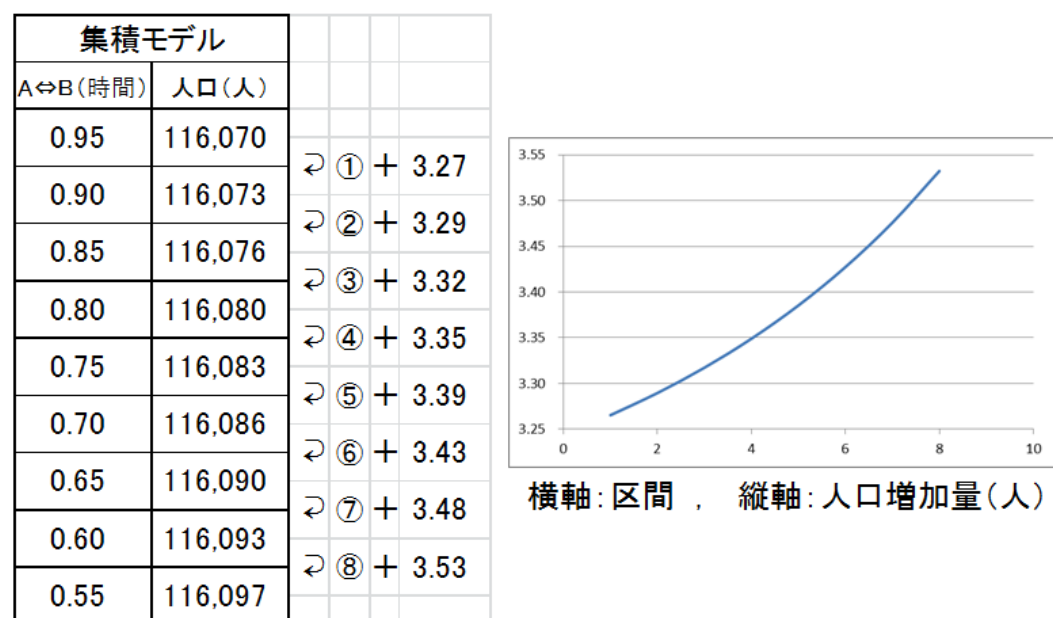


図 4-3 集積モデルでの人口と人口増加量

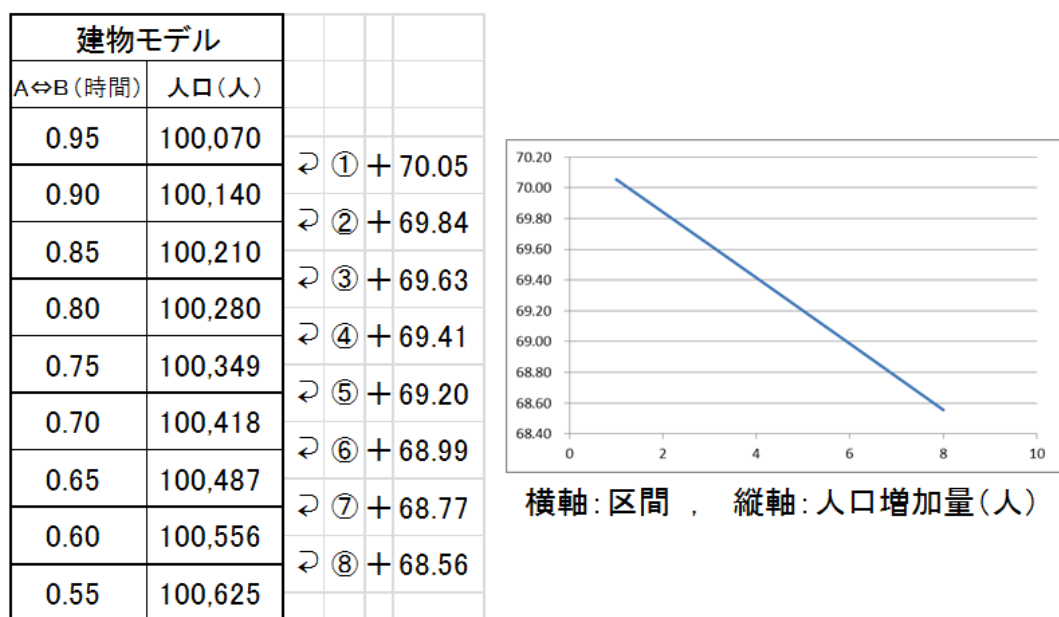


図 4-4 建物モデルでの人口と人口増加量

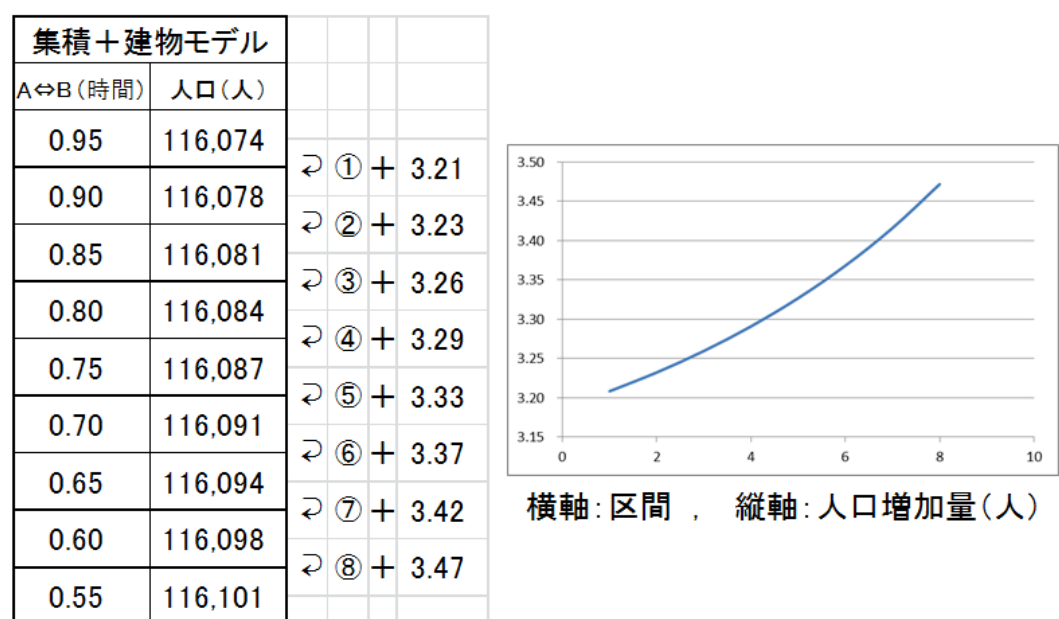


図 4-5 集積+建物モデルでの人口と人口増加量

4.3 パラメータ感度分析

4.3.1 交通政策

図 4-6 のように，ゾーン A・B 内，ゾーン A・B 間の移動時間が減少する政策を考える（立地選択パラメータ $\theta=1$ とした）．ここでは集積+建物モデルのみを用いる．

政策の結果として，ゾーン A と B で人口・賃料・地代が同じだけ増加し，ゾーン C で人口・賃料・地代が減少する．

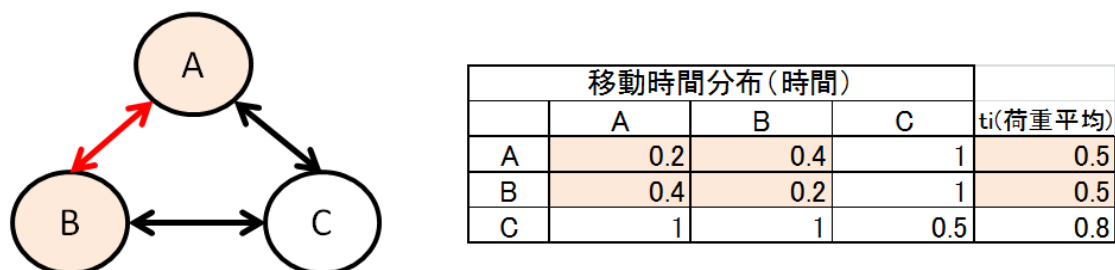


図 4-6 パラメータ感度分析で用いる交通政策

4.3.2 各パラメータの大きさによる結果の変化

①建物開発者のパラメータ a（土地分配率），b（資材分配率）

$a+b=8$ となるように設定し， $a=0.15$ ($b=0.65$) から始めて a を 0.05 刻みで増加 (b を 0.05 刻みで減少) させていったときの人口・賃料・地代の変化量を見た．（図 4-7～図 4-9 に示す）

建物開発者のパラメータ a は土地分配率を， b は資材分配率を示すパラメータであり，建物床面積を生み出す際に土地と資材のどちらに重きを置くかという意味を持つ．結果として， a が増加 (b が減少) するにつれて，人口・地代は変化の幅が小さくなり，賃料は変化の幅が大きくなった．

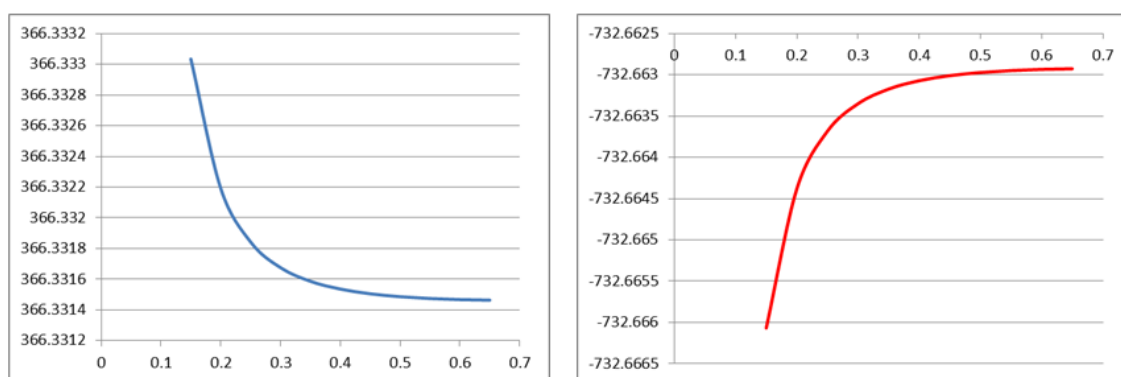


図 4-7 人口変化量【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（人），横軸： a の値）

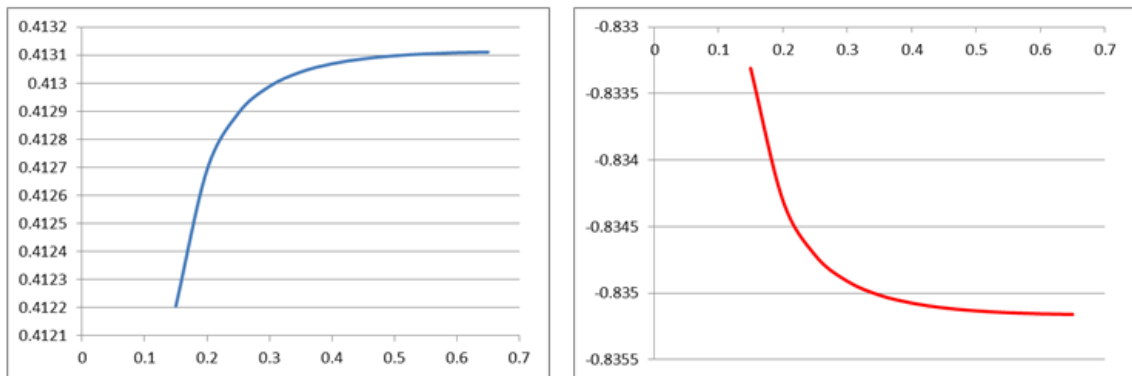


図 4-8 賃料変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（円），横軸：a の値）

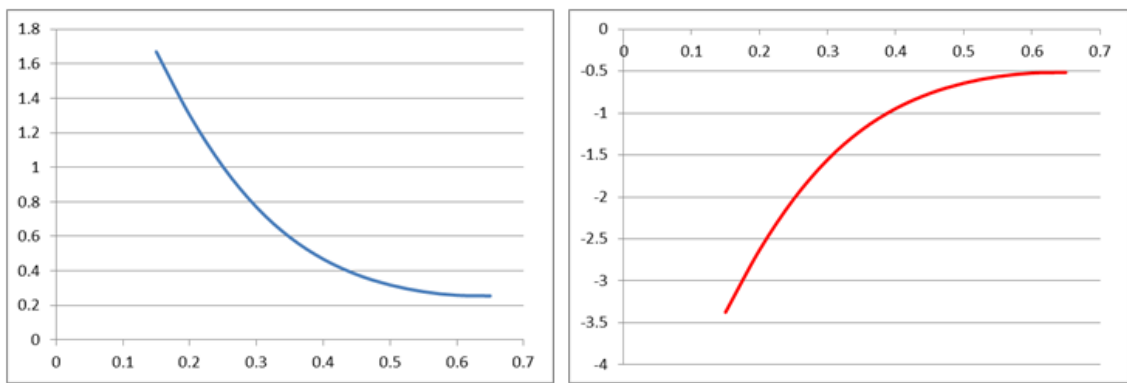


図 4-9 地代変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（円），横軸：a の値）

②建物開発者のパラメータ v （技術水準・生産性）

$v=4$ から始めて、 v を 1 刻みで増加させていったときの人口・賃料・地代の変化量を見た。（図 4-10～図 4-12 に示す）

建物開発者のパラメータ v は技術水準や生産性などを表すパラメータである。結果として、 v が増加するにつれて、人口は変化の幅が大きくなり、賃料は変化の幅が小さくなった。また、地代はある値（ $v=10$ ）までは変化の幅が大きくなり、その後は変化の幅が小さくなっていった。

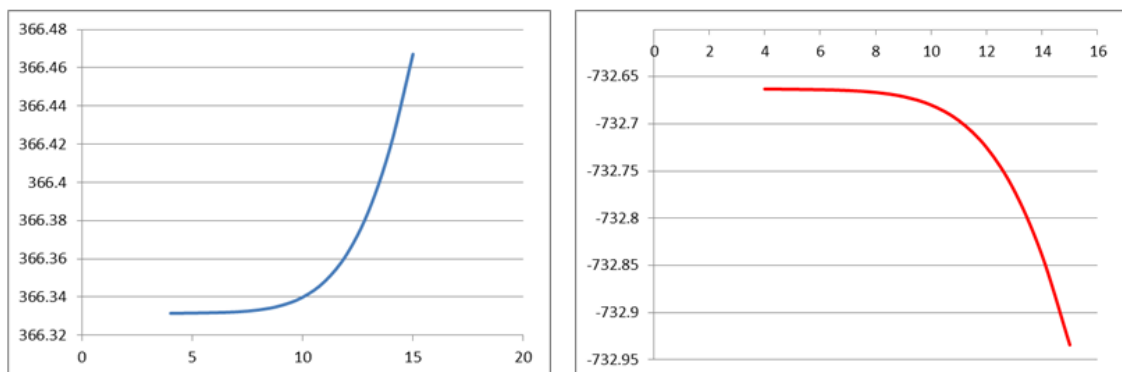


図 4-10 人口変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（人），横軸： v の値）

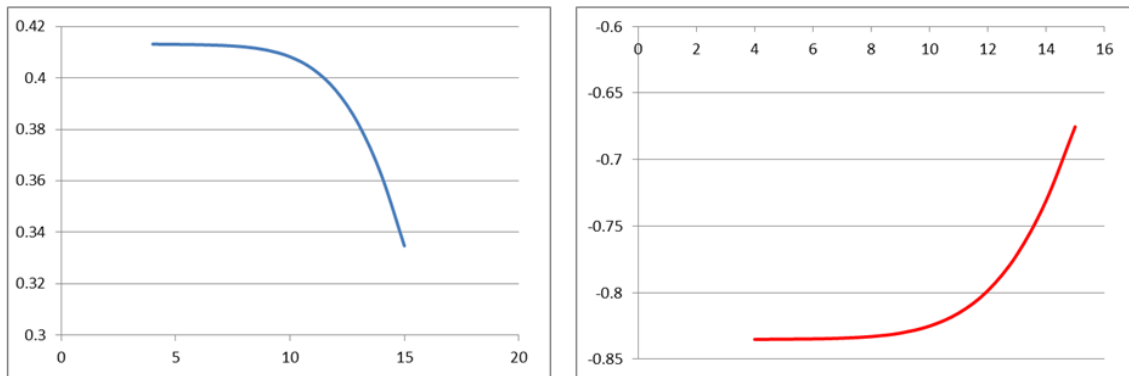


図 4-11 賃料変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（円），横軸：v の値）

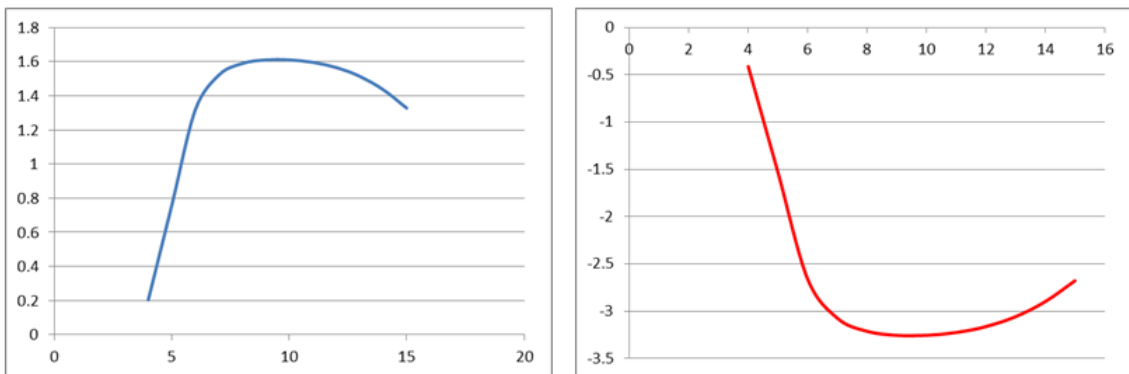


図 4-12 地代変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（円），横軸：v の値）

③集積外部性のパラメータ c

$c=0.75$ から始めて、 c を 1 刻みで増加させていったときの人口・賃料・地代の変化量を見た。（図 4-13～図 4-15 に示す）

集積外部性のパラメータ c は増加することによって集積外部性の値が大きくなる。結果として、 c が増加するにつれて、人口・賃料・地代ともに変化の幅が大きくなった。

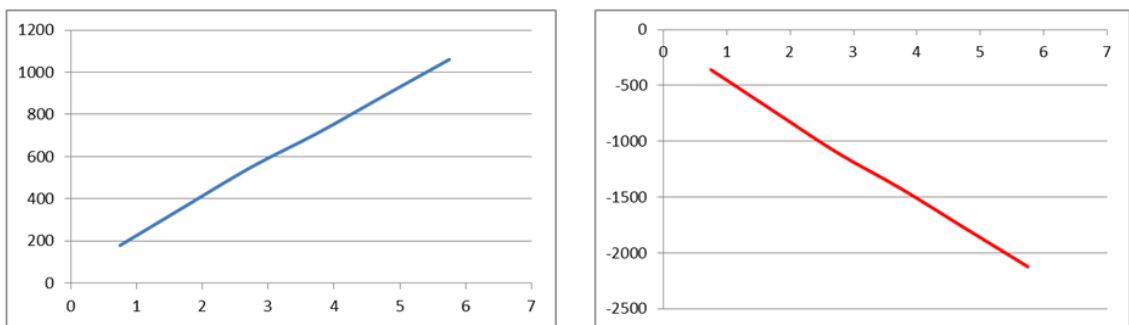


図 4-13 人口変化【左：A・B，右：C】（縦軸：変化量（人），横軸：c の値）

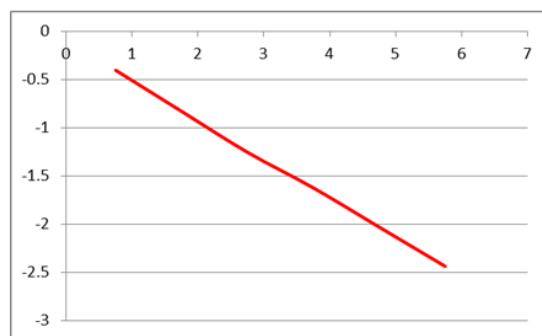
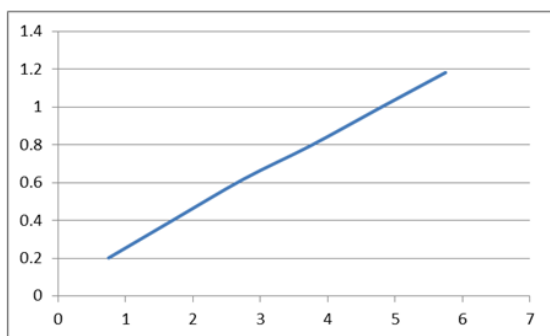


図 4-14 賃料変化【左 : $A \cdot B$, 右 : C 】(縦軸 : 変化量 (円), 横軸 : c の値)

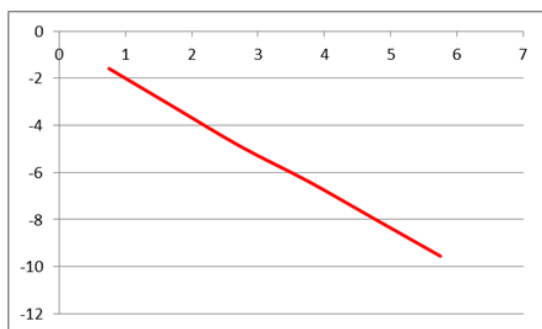
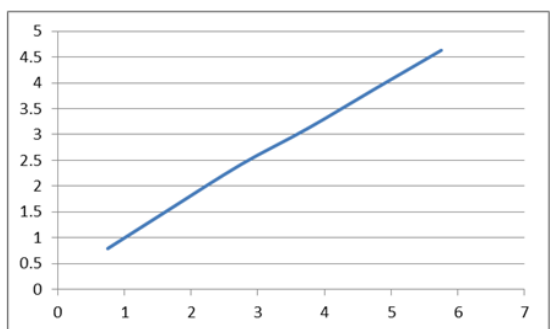


図 4-15 地代変化【左 : $A \cdot B$, 右 : C 】(縦軸 : 変化量 (円), 横軸 : c の値)

第 5 章 集積外部性と建物床市場を 考慮したモデルの仮想都市への適用

5.1 仮想都市の設定

5.2 パラメータの推定

5.3 都市構造 A での分析

5.4 都市構造 B での分析

5.1 仮想都市の設定

分析対象とする都市は、図 5-1 に示したような対称的な仮想 9 都市を設定する。各リンクの移動時間は等しく 1、ゾーン内の移動時間は 0.4 とした。また、都市構造の違いが集積+建物モデルでの結果にどのように影響するかを確かめるため、図 5-2 に示したような二つの都市構造（A・B）を考える。都市構造 A・B の詳細を表 5-1・表 5-2 に示す。

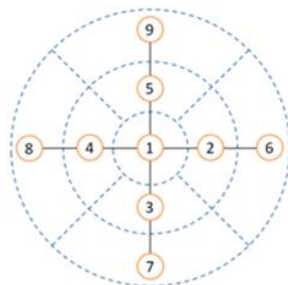


図 5-1 設定した仮想 9 都市

都市構造A					都市構造B				
ゾーン	人口(人)		建物床面積/土地面積		ゾーン	人口(人)		建物床面積/土地面積	
1	200,000	大	5	高	1	50,000	小	5	高
2,3,4,5	150,000	中	3	中	2,3,4,5	150,000	中	3	中
6,7,8,9	100,000	小	1	低	6,7,8,9	250,000	大	1	低

図 5-2 二つの異なる都市構造

表 5-1 都市構造 A の詳細

ゾーンi	人口 (人)	土地関連			建物関連				建物床面積/ 土地面積
		住宅地代 (円/㎡)	供給面積 (㎡)	供給可能面積 (㎡)	建物賃料 (円/㎡)	建物床面積 (㎡)	資材投入量 (㎡)	資材価格 (円/㎡)	
1	200,000	10,000	2,000,000	2,100,000	20,000	10,000,000	599,000,000	300	5
2	150,000	8,000	1,500,000	1,575,000	18,000	4,500,000	229,500,000		3
3	150,000	8,000	1,500,000	1,575,000	18,000	4,500,000	229,500,000		3
4	150,000	8,000	1,500,000	1,575,000	18,000	4,500,000	229,500,000		3
5	150,000	8,000	1,500,000	1,575,000	18,000	4,500,000	229,500,000		3
6	100,000	6,000	1,000,000	1,050,000	12,000	1,000,000	19,600,000		1
7	100,000	6,000	1,000,000	1,050,000	12,000	1,000,000	19,600,000		1
8	100,000	6,000	1,000,000	1,050,000	12,000	1,000,000	19,600,000		1
9	100,000	6,000	1,000,000	1,050,000	12,000	1,000,000	19,600,000		1
1,200,000									

通勤分布										平均移動時間 ti(荷重平均)	
発着	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	190,000	2,000	2,000	2,000	2,000	500	500	500	500	200,000	0.44
2	48,000	6,000	1,800	1,800	1,800	330	90	90	90	60,000	1.039
3	48,000	1,800	6,000	1,800	1,800	90	330	90	90	60,000	1.039
4	48,000	1,800	1,800	6,000	1,800	90	90	330	90	60,000	1.039
5	48,000	1,800	1,800	1,800	6,000	90	90	90	330	60,000	1.039
6	32,000	4,000	1,300	1,300	1,300	88	4	4	4	40,000	1.99458
7	32,000	1,300	4,000	1,300	1,300	4	88	4	4	40,000	1.99458
8	32,000	1,300	1,300	4,000	1,300	4	4	88	4	40,000	1.99458
9	32,000	1,300	1,300	1,300	4,000	4	4	4	88	40,000	1.99458
	510,000	21,300	21,300	21,300	21,300	1,200	1,200	1,200	1,200	600,000	

表 5-2 都市構造 B の詳細

ゾーン <i>i</i>	人口 (人)	土地関連			建物関連				建物床面積/ 土地面積
		住宅地代 (円/㎡)	供給面積 (㎡)	供給可能面積 (㎡)	建物賃料 (円/㎡)	建物床面積 (㎡)	資材投入量 (㎡)	資材価格 (円/㎡)	
1	50,000	10,000	200,000	210,000	30,000	1,000,000	41,500,000	1,000	5
2	150,000	7,000	1,500,000	1,575,000	25,000	4,500,000	101,500,000		3
3	150,000	7,000	1,500,000	1,575,000	25,000	4,500,000	101,500,000		3
4	150,000	7,000	1,500,000	1,575,000	25,000	4,500,000	101,500,000		3
5	150,000	7,000	1,500,000	1,575,000	25,000	4,500,000	101,500,000		3
6	250,000	5,000	10,000,000	10,500,000	22,000	10,000,000	149,500,000		1
7	250,000	5,000	10,000,000	10,500,000	22,000	10,000,000	149,500,000		1
8	250,000	5,000	10,000,000	10,500,000	22,000	10,000,000	149,500,000		1
9	250,000	5,000	10,000,000	10,500,000	22,000	10,000,000	149,500,000		1
	1,650,000								

通勤分布										平均移動時間 ti(荷重平均)	
発着	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1	32,000	1,600	1,600	1,600	1,600	400	400	400	400	40,000	0.56
2	63,000	18,000	2,700	2,700	2,700	495	135	135	135	90,000	0.979
3	63,000	2,700	18,000	2,700	2,700	135	495	135	135	90,000	0.979
4	63,000	2,700	2,700	18,000	2,700	135	135	495	135	90,000	0.979
5	63,000	2,700	2,700	2,700	18,000	135	135	135	495	90,000	0.979
6	105,000	30,000	4,875	4,875	4,875	330	15	15	15	150,000	1.89458
7	105,000	4,875	30,000	4,875	4,875	15	330	15	15	150,000	1.89458
8	105,000	4,875	4,875	30,000	4,875	15	15	330	15	150,000	1.89458
9	105,000	4,875	4,875	4,875	30,000	15	15	15	330	150,000	1.89458
	704,000	72,325	72,325	72,325	72,325	1,675	1,675	1,675	1,675	1,000,000	

5.2 パラメータの推定

設定した仮想都市の値を用いることで、それぞれのモデルで用いるパラメータを推定することができる。立地選択パラメータ θ ・住宅パラメータ α_a ・合成財パラメータ α_z ・集積外部性のパラメータ a, b, c は各地域の人口・地代(賃料)・移動時間を用いて、最尤推定法により求める。地域固有指標である e_i は、(9)式で求められる立地選択確率が実際の立地選択確率と一致するようにキャリブレーションを行うことで求める。開発者の行動の式のパラメータ v, a, b は(15.b)式の対数を取り、各地域の建物床供給面積・土地面積需要量・資材投入量を用いて、最小二乗法により求める。

各モデルで推定したこれらのパラメータの値を表 5-3・表 5-4 に示す。また、集積外部性を考慮しているモデルでは集積外部性のパラメータ a, b, c によって最適都市規模 N_{max} を内生的に求めることができる。集積モデル、集積+建物モデル共に、二つの都市構造で最適都市規模は約 30～40 万人程度となり、本モデルの仮想都市の例では、都市構造 A ではゾーン 1、都市構造 B ではゾーン 6,7,8,9 のような人口が大きいゾーンほど集積外部性による正の影響が現れることとなる。都市構造 A での結果を図 5-3・図 5-4 に、都市構造 B での結果を図 5-5・図 5-6 に示す。

表 5-3 各モデルでのパラメータ推定結果（都市構造 A）

	θ	αa	地域固有指標 e_i		集積外部性のパラメータ			建物開発者のパラメータ		
					a	b	c	v	a	b
標準	10.637	0.010	1	0.002						
			2~5	-0.001						
			6~9	0.001						
集積	0.502	0.072	1	-0.256	-0.00046	0.033	8.323			
			2~5	-0.049						
			6~9	0.213						
建物	12.533	0.026	1	-1.67E-09				1.482	0.286	0.564
			2~5	-7.17E-10						
			6~9	1.911E-09						
集積+建物	1.664	0.013	1	-0.051	-0.00011	0.007	3.029	1.482	0.286	0.564
			2~5	-0.011						
			6~9	0.043						

表 5-4 各モデルでのパラメータ推定結果（都市構造 B）

	θ	αa	地域固有指標 e_i		集積外部性のパラメータ			建物開発者のパラメータ		
					a	b	c	v	a	b
標準	21.965	0.191	1	-1.33E-08						
			2~5	-3.84E-09						
			6~9	2.966E-09						
集積	1.341	0.118	1	0.361	-0.00021	0.015	8.019			
			2~5	0.097						
			6~9	-0.068						
建物	6.721	0.240	1	-0.179				2.624	0.312	0.538
			2~5	-0.041						
			6~9	0.045						
集積+建物	1.055	0.144	1	0.600	-0.00027	0.023	8.043	2.624	0.312	0.538
			2~5	0.174						
			6~9	-0.121						

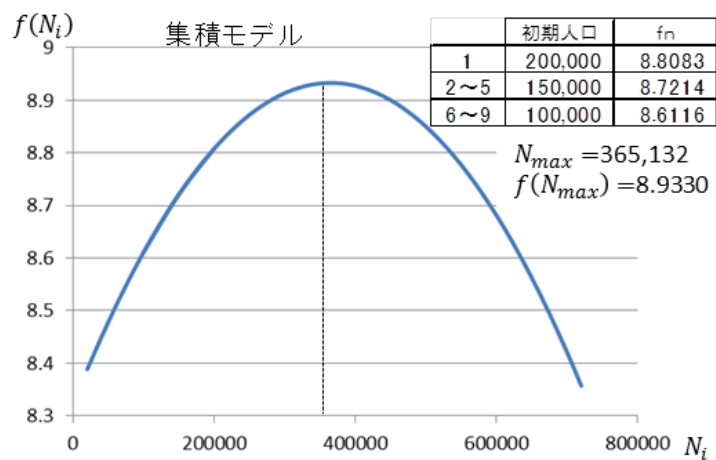


図 5-3 集積モデルでの集積外部性関数（都市構造 A）

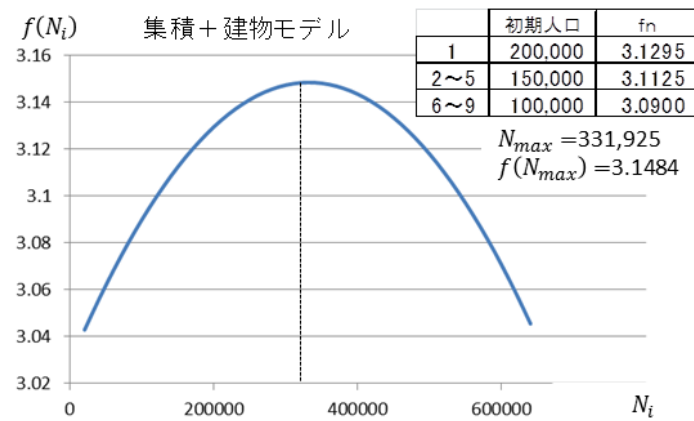


図 5-4 集積+建物モデルでの集積外部性関数（都市構造 A）

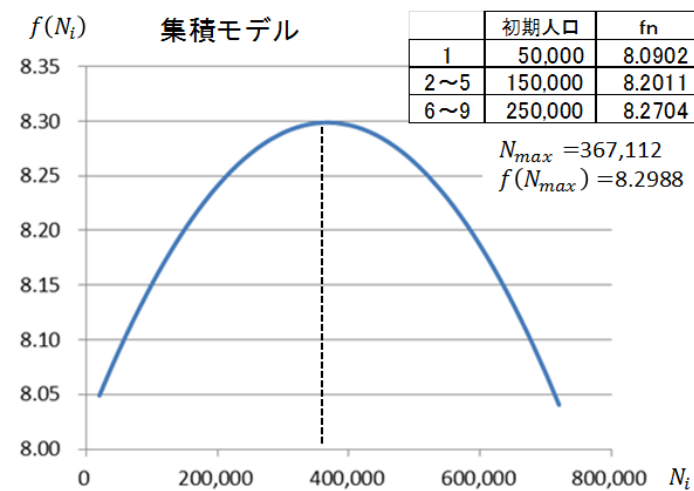


図 5-5 集積モデルでの集積外部性関数（都市構造 B）

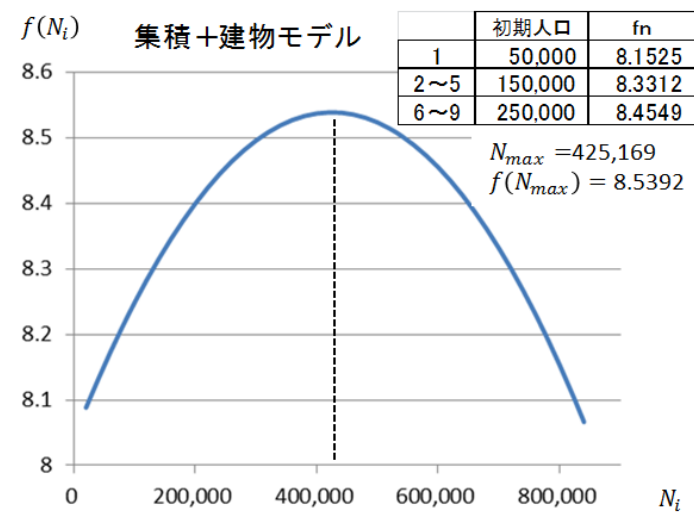


図 5-6 集積+建物モデルでの集積外部性関数（都市構造 B）

5.3 都市構造 A での分析

交通政策のシナリオとして、ゾーン 1・2 間、ゾーン 1・3 間、ゾーン 1・4 間の移動時間が 0.8 に、ゾーン 2・6 間、ゾーン 3・7 間、ゾーン 4・8 間の移動時間が 0.9 に、ゾーン 1・5 間、ゾーン 5・9 間の移動時間が 0.5 に、ゾーン 1 内の移動時間が 0.1 にそれぞれ減少する交通政策を考えた。（交通政策を図 5-7・表 5-5 に、各モデルでの人口・賃料・地代の変化率の結果を表 5-6 に、各モデルでの人口変化率のグラフを図 5-8 に示す）

人口の変化率に着目すると、表 5-6 や図 5-8 から各モデルで変化の傾向にそれ程大きな違いは見られないが、集積モデルと集積+建物モデルでは変化の幅が標準モデルの半分程度になっていることがわかる。

集積外部性と建物床市場の考慮が各地域に及ぼす影響をより詳細に見るため、他の 3 モデルの人口変化率を標準モデルの人口変化率で除した値を表 5-7 に示している。表 5-7 では、各地域の集積外部性の大きさと土地面積に対する建物床面積の大きさも地域特性としてそれぞれ示している。表 5-7 において、共に人口が減少しているゾーン 1 とゾーン 6, 7, 8 の値を比較すると、集積モデル・建物モデル・集積+建物モデルの 3 モデル全てでゾーン 1 の方がゾーン 6, 7, 8 よりも値が小さくなっており、人口増加に正の影響が現れていると言える。ゾーン 1 は集積外部性が大きく、土地面積に対する建物床面積の割合も大きいので、藤井ら(2015)⁵⁾・堤ら(2012)⁶⁾で示された傾向と同様に、集積外部性と建物床市場がそれぞれ正に影響していると考えられる。また、それぞれのモデルでの影響の強さを比較するため、表 5-8 に各モデルのゾーン 1 の人口変化率をゾーン 6, 7, 8 の人口変化率で除した値を示している。表 5-8 から、集積+建物モデルでゾーン 1 に最も強く正の影響（ゾーン 6, 7, 8 に最も強く負の影響）が現れていることがわかる。

第 3 章における集積モデルを上野東京ライン整備事業に適用した結果では、主に東京都区部の人口が多く集積外部性の大きい地域で人口増加に正の影響が及びやすくなり、人口の減少が他のゾーンと比べ相対的に小さくなっている。今回の仮想都市における表 5-8 のような結果から、集積外部性だけでなく建物床市場も考慮することで、より東京都区部で人口増加に正の影響が及びやすくなる可能性があると考えられる。

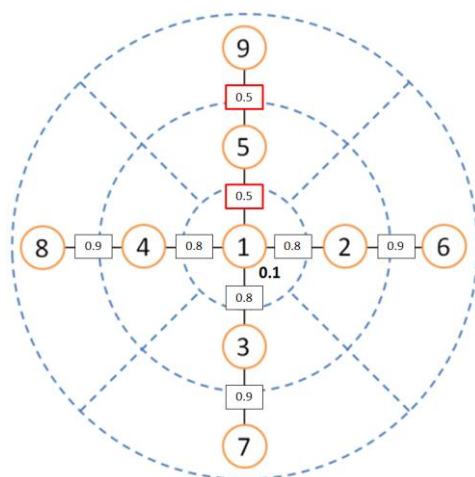


図 5-7 交通政策

表 5-5 交通政策による移動時間分布

移動時間分布										平均移動時間 ti(荷重平均)
発 着	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.1	0.8	0.8	0.8	0.5	1.7	1.7	1.7	1	0.13925
2	0.8	0.4	1.6	1.6	1.3	0.9	2.5	2.5	1.8	0.83015
3	0.8	1.6	0.4	1.6	1.3	2.5	0.9	2.5	1.8	0.83015
4	0.8	1.6	1.6	0.4	1.3	2.5	2.5	0.9	1.8	0.83015
5	0.5	1.3	1.3	1.3	0.4	2.2	2.2	2.2	0.5	0.56965
6	1.7	0.9	2.5	2.5	2.2	0.4	3.4	3.4	2.7	1.68583
7	1.7	2.5	0.9	2.5	2.2	3.4	0.4	3.4	2.7	1.68583
8	1.7	2.5	2.5	0.9	2.2	3.4	3.4	0.4	2.7	1.68583
9	1	1.8	1.8	1.8	0.5	2.7	2.7	2.7	0.4	1.02719

表 5-6 各モデルでの結果

標準モデル変化率(%)				集積モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	-0.625		-0.278	1	-0.316		-0.020
2,3,4	-2.339		-0.844	2,3,4	-1.502		-0.077
5	1.562		0.550	5	1.142		0.057
6,7,8	-0.560		-0.151	6,7,8	-0.305		-0.012
9	11.112		2.758	9	6.591		0.234
建物モデル変化率(%)				集積+建物モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	-0.739	-0.662	-1.489	1	-0.333	-0.398	-0.899
2,3,4	-2.700	-1.313	-2.953	2,3,4	-1.489	-0.963	-2.171
5	1.711	0.822	1.873	5	1.073	0.691	1.575
6,7,8	-0.713	-0.126	-0.275	6,7,8	-0.324	-0.098	-0.213
9	13.200	2.131	4.715	9	6.728	1.957	4.327

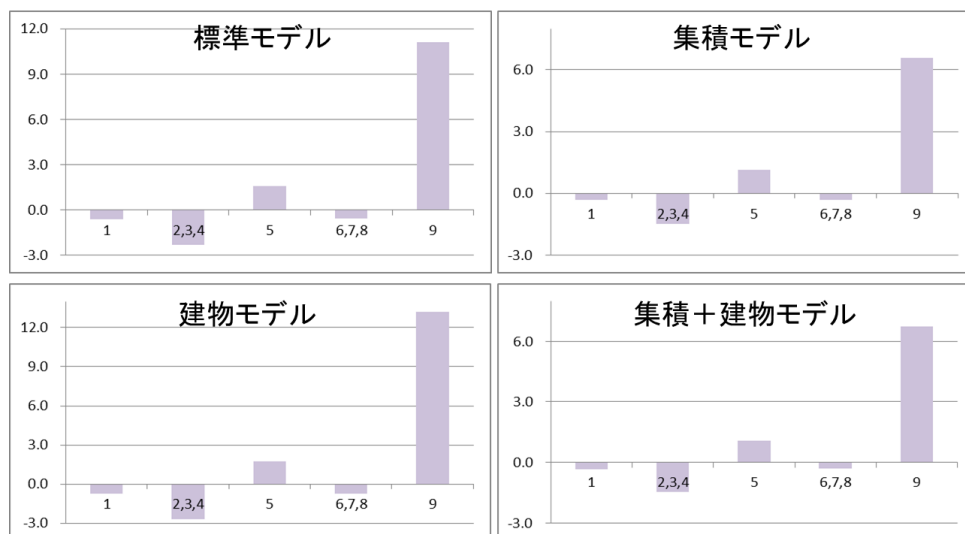


図 5-8 交通政策による各モデルでの人口変化率 (%)

表 5-7 各モデルと標準モデルの人口変化率の比

ゾーン	地域特性		X	各モデルの人口変化率/X		
	集積	建物	標準モデル 人口変化率	集積 モデル	建物 モデル	集積+建物 モデル
1	大	高	-0.62	0.51	1.18	0.53
2,3,4	中	中	-2.34	0.64	1.15	0.64
5	中	中	1.56	0.73	1.10	0.69
6,7,8	小	低	-0.56	0.54	1.27	0.58
9	小	低	11.11	0.59	1.19	0.61

表 5-8 ゾーン1とゾーン6,7,8の人口変化率の比

	標準 モデル	集積 モデル	建物 モデル	集積+建物 モデル
ゾーン1の人口変化率/ ゾーン6,7,8の人口変化率	1.1148	1.0361	1.0368	1.0279

5.4 都市構造 B での分析

5.4.1 交通政策

①交通政策 I

ゾーン1内の移動時間が0.2、ゾーン1・4間の移動時間が0.6、ゾーン5・9間の移動時間が0.5にそれぞれ減少する交通政策を行った。（交通政策を図5-9・表5-9に、各モデルでの人口・賃料・地代の変化率の結果を表5-10に、各モデルでの人口変化率のグラフを図5-10に、各モデルでの人口変化率を標準モデルでの人口変化率で除した値を表5-11に示す）

人口の変化率に着目すると、表5-10や図5-10から各モデルでそれ程大きな違いは見られないが、ゾーン1では集積+建物モデルでのみ人口が減少していることがわかる。また、建物モデルでは他の3モデルと比べて変化の幅が半分程度になっていることがわかる。

表5-11から、集積モデルではゾーン1で人口増加に大きく負の影響が出ており、建物モデルではゾーン1で人口増加に大きく正の影響が出ている。これらは、藤井ら(2015)⁵⁾・堤ら(2012)⁶⁾と同様の傾向（集積外部性が大きい地域・土地面積に対する建物床面積の割合が大きい地域ほど人口増加に正の影響が及びやすい）が現れていると言える。集積+建物モデルでは、集積外部性が小さいゾーン1では集積外部性が大きく負に影響することで他の3モデルでは増加している人口が減少していると考えられ、低層地域であるゾーン6,7では建物床市場が大きく負に影響し、ゾーン2,3やゾーン5と比べて減少率が増えていると考えられる。つまり、地域によって集積外部性による影響が大きく現れる場合もあれば建物床市場による影響が大きく現れる場合もあり、地域ごとに影響の現れ方が異なっている。

また、地代変化と人口変化の関係を見るために、各モデルの人口変化率を地代変化率で除した結果を図5-11にまとめた。図5-11から、建物床市場を考慮することで地代変化が人口に与える

影響が小さくなることがわかった。

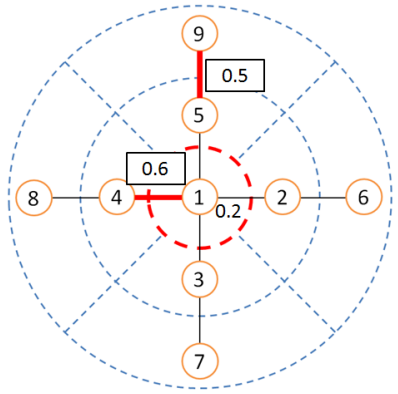


図 5-9 交通政策

表 5-9 交通政策による移動時間分布

移動時間分布										平均移動時間 ti(荷重平均)
発着	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.2	1	1	0.6	1	2	2	1.6	1.5	0.375
2	1	0.4	2	1.6	2	1	3	2.6	2.5	0.96565
3	1	2	0.4	1.6	2	3	1	2.6	2.5	0.96565
4	0.6	1.6	1.6	0.4	1.6	2.6	2.6	1	2.1	0.66045
5	1	2	2	1.6	0.4	3	3	2.6	0.5	0.96365
6	2	1	3	2.6	3	0.4	4	3.6	3.5	1.88149
7	2	3	1	2.6	3	4	0.4	3.6	3.5	1.88149
8	1.6	2.6	2.6	1	2.6	3.6	3.6	0.4	3.1	1.57541
9	1.5	2.5	2.5	2.1	0.5	3.5	3.5	3.1	0.4	1.38264

表 5-10 各モデルでの結果

標準モデル変化率(%)				集積モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	0.687		0.006	1	0.350		0.005
2,3	-5.113		-0.089	2,3	-4.724		-0.132
4	4.025		0.064	4	3.951		0.102
5	-5.730		-0.101	5	-5.246		-0.148
6,7	-4.716		-0.234	6,7	-4.179		-0.331
8	3.907		0.178	8	3.498		0.258
9	12.546		0.531	9	11.237		0.776
建物モデル変化率(%)				集積+建物モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	0.324	0.015	0.032	1	-0.048	-0.003	-0.006
2,3	-1.524	-0.165	-0.357	2,3	-4.801	-0.763	-1.639
4	1.272	0.136	0.293	4	3.217	0.489	1.057
5	-1.689	-0.184	-0.396	5	-5.295	-0.843	-1.811
6,7	-1.456	-0.209	-0.445	6,7	-4.785	-1.064	-2.257
8	1.286	0.181	0.386	8	3.446	0.729	1.561
9	3.640	0.503	1.076	9	13.141	2.627	5.690

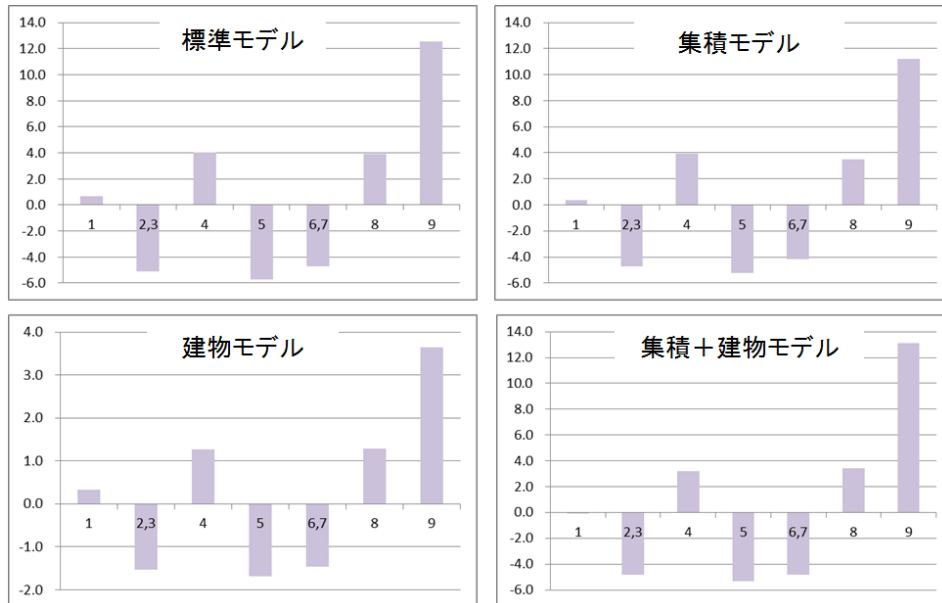


図 5-10 交通政策による各モデルでの人口変化率 (%)

表 5-11 各モデルと標準モデルの変化率の比較

ゾーン	地域特性		X	各モデルの人口変化率/X		
	集積	建物	標準モデル 人口変化率	集積 モデル	建物 モデル	集積+建物 モデル
1	小	高	0.69	0.51	0.47	-0.07
2,3	中	中	-5.11	0.92	0.30	0.94
4	中	中	4.03	0.98	0.32	0.80
5	中	中	-5.73	0.92	0.29	0.92
6,7	大	低	-4.72	0.89	0.31	1.01
8	大	低	3.91	0.90	0.33	0.88
9	大	低	12.55	0.90	0.29	1.05

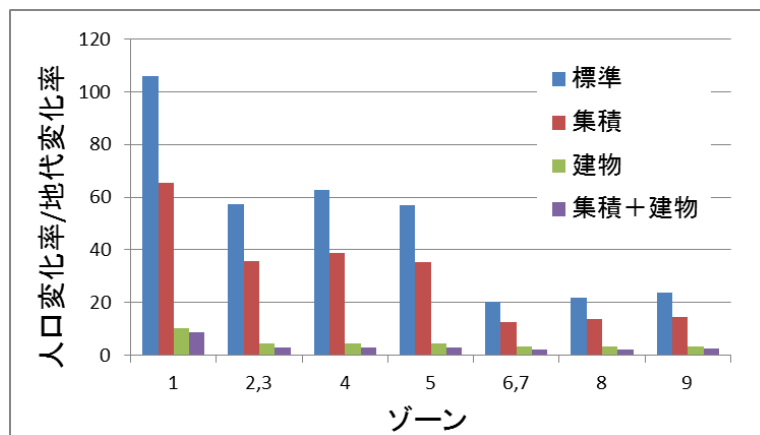


図 5-11 地代と人口変化率の関係

②交通政策Ⅱ

交通政策Ⅰのゾーン1内の移動時間を0.2から0.3に変えた政策を考える。（交通政策を図5-10に、各モデルでの人口・賃料・地代の変化率の結果を表5-12に、各モデルでの人口変化率を標準モデルでの人口変化率で除した値を表5-13に示す）

交通政策Ⅰでは集積+建物モデル以外の3モデルでゾーン1の人口は増加していたが、表5-12から、交通政策Ⅱでは4モデル全てでゾーン1の人口が減少していることがわかる。

表5-13から、集積+建物モデルにおいて交通政策Ⅰの結果とは反対にゾーン1で正の影響が現れている。また、集積モデルでは集積外部性の大きさが交通政策Ⅰのときよりも結果に影響しておらず、シナリオの設定が各モデルの結果の傾向に敏感に反応することがわかった。

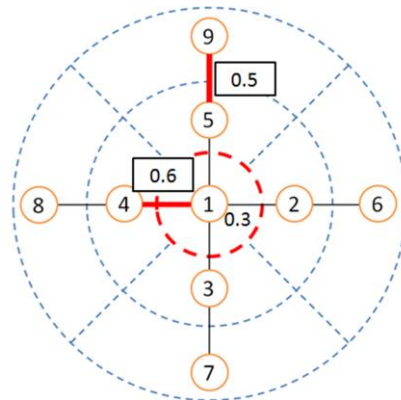


図 5-12 交通政策

表 5-12 各モデルでの結果

標準モデル変化率(%)				集積モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	-2.380		-0.023	1	-1.638		-0.025
2,3	-5.030		-0.088	2,3	-4.671		-0.131
4	4.147		0.066	4	4.044		0.104
5	-5.642		-0.099	5	-5.189		-0.146
6,7	-4.638		-0.230	6,7	-4.131		-0.327
8	4.015		0.183	8	3.567		0.263
9	12.669		0.536	9	11.314		0.781
建物モデル変化率(%)				集積+建物モデル変化率(%)			
	人口	賃料	地代		人口	賃料	地代
1	-0.616		-0.060	1	-1.683	-0.091	-0.196
2,3	-1.496	-0.162	-0.350	2,3	-4.764	-0.757	-1.626
4	1.305	0.139	0.300	4	3.288	0.499	1.080
5	-1.659	-0.180	-0.389	5	-5.254	-0.837	-1.797
6,7	-1.429	-0.205	-0.436	6,7	-4.748	-1.056	-2.239
8	1.317	0.185	0.395	8	3.508	0.741	1.589
9	3.671	0.507	1.085	9	13.221	2.642	5.723

表 5-13 各モデルと標準モデルの変化率の比較

ゾーン	地域特性		X	各モデルの人口変化率/X		
	集積	建物	標準モデル 人口変化率	集積 モデル	建物 モデル	集積+建物 モデル
1	小	高	-2.38	0.69	0.26	0.71
2,3	中	中	-5.03	0.93	0.30	0.95
4	中	中	4.15	0.98	0.31	0.79
5	中	中	-5.64	0.92	0.29	0.93
6,7	大	低	-4.64	0.89	0.31	1.02
8	大	低	4.01	0.89	0.33	0.87
9	大	低	12.67	0.89	0.29	1.04

5.4.2 容積率規制緩和政策

建物床市場を考慮することにより、容積率規制緩和政策の影響分析も可能となる。容積率規制緩和政策の影響を正常に表現できるかを確かめるため、交通政策（ゾーン1・2間、1・3間の移動時間がそれぞれ0.45に減少）をゾーン2、3の容積率が低い（301%）場合と、容積率規制を緩和し容積率を高く（310%）した場合の2つのパターンで考える。なお、ここでは建物モデルと集積+建物モデルの2モデルのみを用いる。（交通政策を図5-13・表5-14に、交通政策のみの結果を表5-15に交通政策+容積率緩和政策の結果を表5-16に示す）

表5-15・表5-16から、交通政策のみの場合は建物モデルではゾーン2、3の人口変化率が最も大きくなっており、集積+建物モデルではゾーン6,7の人口変化率が最も大きくなっている。交通政策かつ容積率規制を緩和した場合は、両モデルともゾーン2、3の人口変化率が最も大きくなっている。両モデルともゾーン2,3の容積率規制を緩和することで、容積率規制を緩和しない場合よりも人口が大きく推計されており、ある程度想定通りの結果になったと言える。特に集積+建物モデルにおいては、交通政策のみの場合に集積外部性の大きい郊外部のゾーン6、7に流れていた多くの人口の一部が、容積率規制を緩和することで建物床面積が多くなったゾーン2、3に流れた（図5-14）と考えられ、集積外部性の影響も現れているような容積率規制緩和政策の結果を表現することができた。

また、集積+建物モデルにおける政策前（初期値）・交通政策後・交通政策+容積率緩和政策後の3つの状態における仮想9都市の総移動時間を表5-17に示した。表5-17から、交通政策を行うことで二つの区間で移動時間が短縮されるため、総移動時間は大幅に減少している。更に容積率規制緩和政策も同時に行うことで交通政策のみの場合よりも、最も郊外部のゾーン6,7の人口の一部がゾーン2,3に移ることで、主要な移動目的地であるゾーン1に近くなり、総移動時間が減少していることがわかる。同じように、表5-18に政策前（初期値）・交通政策後・交通政策+容積率緩和政策後の3つの状態における各ゾーンの効用（第2章5式）を示した。効用に関しては値が高い順に、交通政策+容積率緩和政策後・交通政策後・政策前（初期値）となっている。

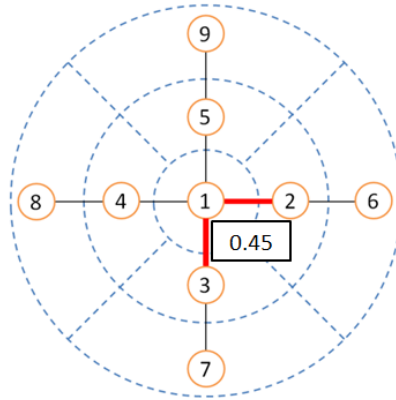


図 5-13 交通政策

表 5-14 交通政策による移動時間分布

移動時間分布										平均移動時間 ti(荷重平均)
発着	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	0.4	0.45	0.45	1	1	1.45	1.45	2	2	0.505
2	0.45	0.4	0.9	1.45	1.45	1	1.9	2.45	2.45	0.5247
3	0.45	0.9	0.4	1.45	1.45	1.9	1	2.45	2.45	0.5247
4	1	1.45	1.45	0.4	2	2.45	2.45	1	3	0.94435
5	1	1.45	1.45	2	0.4	2.45	2.45	3	1	0.94435
6	1.45	1	1.9	2.45	2.45	0.4	2.9	3.45	3.45	1.43786
7	1.45	1.9	1	2.45	2.45	2.9	0.4	3.45	3.45	1.43786
8	2	2.45	2.45	1	3	3.45	3.45	0.4	4	1.85872
9	2	2.45	2.45	3	1	3.45	3.45	4	0.4	1.85872

表 5-15 交通政策のみの結果

建物モデル						
	人口 変化率(%)	賃料 変化率(%)	地代 変化率(%)	建物床供給 (㎡)	土地供給 (㎡)	建物床供給 /土地供給
2,3	2.001	0.228	0.494	4,516,109	1,500,369	3.010
6,7	1.946	0.272	0.581	10,027,912	10,002,891	1.003
1	-1.755	-0.080	-0.172	989,365	199,983	4.947
4,5	-1.919	-0.209	-0.450	4,478,962	1,499,661	2.987
8,9	-1.819	-0.262	-0.557	9,973,176	9,997,198	0.998
集積+建物モデル						
	人口 変化率(%)	賃料 変化率(%)	地代 変化率(%)	建物床供給 (㎡)	土地供給 (㎡)	建物床供給 /土地供給
2,3	5.711	1.188	2.582	4,520,682	1,501,888	3.010
6,7	6.013	1.252	2.691	10,128,512	10,013,102	1.012
1	-3.536	-0.192	-0.414	974,430	199,958	4.873
4,5	-5.696	-0.909	-1.953	4,408,484	1,498,506	2.942
8,9	-5.668	-1.268	-2.685	9,870,050	9,986,204	0.988

表 5-16 交通政策＋容積率緩和政策の結果

建物モデル						
	人口 変化率(%)	賃料 変化率(%)	地代 変化率(%)	建物床供給 (㎡)	土地供給 (㎡)	建物床供給 /土地供給
2,3	2.008	0.213	0.460	4,521,442	1,500,343	3.014
6,7	1.944	0.272	0.581	10,027,888	10,002,888	1.002
1	-1.757	-0.080	-0.172	989,355	199,983	4.947
4,5	-1.921	-0.209	-0.451	4,478,945	1,499,660	2.987
8,9	-1.821	-0.262	-0.558	9,973,154	9,997,196	0.998
集積+建物モデル						
	人口 変化率(%)	賃料 変化率(%)	地代 変化率(%)	建物床供給 (㎡)	土地供給 (㎡)	建物床供給 /土地供給
2,3	6.034	0.902	1.958	4,590,938	1,501,440	3.058
6,7	5.910	1.231	2.646	10,126,389	10,012,890	1.011
1	-3.577	-0.194	-0.419	974,134	199,958	4.872
4,5	-5.749	-0.918	-1.971	4,407,610	1,498,492	2.941
8,9	-5.723	-1.281	-2.712	9,868,743	9,986,062	0.988

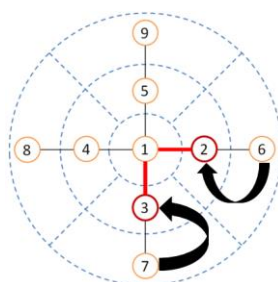


図 5-14 容積率規制緩和政策による人口移動イメージ

表 5-17 総移動時間の変化（集積＋建物モデル）

9都市総移動時間		
初期値	交通政策のみ	交通政策＋ 容積率緩和
2,509,980	2,110,206	2,109,238

表 5-18 各ゾーンの効用の変化（集積＋建物モデル）

	初期効用	交通政策後 効用	交通＋容積後 効用
1	7.831324	7.833656	7.833658
2,3	7.839514	7.857664	7.858067
4,5	7.839514	7.841956	7.841970
6,7	7.816969	7.834748	7.834778
8,9	7.816969	7.820448	7.820471

第 6 章 まとめ

6.1 結論

6.2 今後の課題

6.1 結論

本研究では、集積外部性と建物床市場を考慮した新たな CUEM を構築し仮想都市に適用することで、{地域ごとに結果の傾向の現れ方が異なる・シナリオの設定が結果の傾向に敏感に反応する・二つの要素が相乗的に影響する場合がある}といったような、新たな CUEM の挙動の特性を把握することができた。

6.2 今後の課題

本研究で構築した新たな CUEM と従来のモデルとの挙動の違いを示すことはできたが、新たな CUEM が従来のモデルに対してアドバンテージがあることを実証的に示すことはできていない。また、集積外部性をゾーン人口の二次関数で求めるという考え方や、建物床市場での容積率の扱い方など、現実の現象とは少し離れたアドホックな仮定を置いている。その為、今後の更なる検証が必要である。

参考文献

- 1) 上田孝行：交通改善による生活機会の増大が人口移動に及ぼす影響のモデル分析－土木計画学・論文集，No. 9，1991.
- 2) 上田孝行：拡張された立地余剰を用いた一般均衡モデル－土木計画学研究・論文集，No. 10，1992.
- 3) 武藤慎一・上田孝行・高木朗義・富田貴弘：応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究－土木計画学研究・論文集，Vol. 17，2000.
- 4) 黒田達郎・田渕隆俊・中村良平：都市と地域の経済学[新版]－有斐閣ブックス，2008.
- 5) 藤井修平・辻裕之・石倉智樹・小根山裕之：集積外部性を考慮した応用都市経済モデルによる都市鉄道整備効果分析－土木計画学研究・講演集，Vol.52，2015
- 6) 堤盛人・宮城卓也・山崎清：建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性－土木学会論文集，Vol.68，No4，2012.
- 7) 山崎清・武藤慎一：開発・誘発交通を考慮した道路整備効果の分析－運輸政策研究，Vol11，No2，2008.
- 8) 辻裕之・小根山裕之・石倉智樹・鹿田成則：東北縦貫線の開通による東京都市圏への経済的影響の分析－土木計画学研究・講演集，Vol.47，2013.
- 9) 辻裕之・石倉智樹・小根山裕之：応用都市経済モデルによる東北縦貫線事業の効果分析－土木計画学研究・講演集，Vol.49，2014.
- 10) 尹鍾進・青山吉隆・中川大・松中亮治：立地変動を考慮した実用的な土地利用・交通モデルの構築－土木計画学研究・論文集，No17，2000.

謝辞

本論文を作成するにあたり、様々な方々から多大なるご指導・ご協力をいただきました。この場を借りてお礼を述べさせていただきます。

指導教授である石倉先生には、日々の研究活動において的確かつ有益な助言をいただくなど、大変お世話になりました。小根山先生には、ゼミや本論文の審査を通して多くの鋭いご指摘をいただきました。柳原先生には、多様な視点から研究についてのご意見をいただきました。また、梅山先生には分野の異なる私の修士論文の副査を引き受けていただき、有益なご意見・ご指摘をいただきましたこと、ここに厚く御礼申し上げます。

研究室の同期である内田君、桜庭君、佐近君、佐藤君、朱さん、板東君、横山君とは、3年間切磋琢磨しながら多くの苦楽を共にしてきました。研究室の後輩である M1 の岩崎君、尾山さん、佐藤君、田中君、松山さん、横山君、B4 の池田君、梶川君、下田君、松田君、宮川君、劉君、若井さん、渡邊君とは、短い間でしたが同じ研究室内で共に研究に励みました。皆さんのおかげで、楽しく研究室生活を過ごすことができました。本当にありがとうございました。

最後に、私を様々な面で励まし、支えてくれた家族に心から感謝申し上げます。

平成 29 年 2 月 藤井 修平

付録

集積＋建物モデルのプログラム
(MATLAB)

「NEWCUEmodel」 集積+建物モデル

```

%%%初期基本データの読み込み%%%
oriR=xlsread('NEWCUdata.xlsx','R','A1:A9');%地代
oriR2=xlsread('NEWCUdata.xlsx','R2','A1:A9');%賃料
oriN=xlsread('NEWCUdata.xlsx','N','A1:A9');%人口
oriI=xlsread('NEWCUdata.xlsx','I','A1:A9');%所得
oriY=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Y','A1:A9');%供給可能面積
e=xlsread('NEWCUdata.xlsx','E','A1:A9');%立地の固有パラメータ
Shig=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Shig','A1:A9');%土地供給でのσ
mu=xlsread('NEWCUdata.xlsx','μ','A1:A9');%容積率
Ga=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Ga','A1:A9');%補正定数Ga
Gq=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Gq','A1:A9');%補正定数Gq
Gl=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Gl','A1:A9');%補正定数Gl
oriO=xlsread('NEWCUdata.xlsx','O','A1:A9');%発生交通量
oriD=xlsread('NEWCUdata.xlsx','D','A1:A9');%集中交通量
T=xlsread('NEWCUdata.xlsx','withT','A1:I9');%移動時間分布
oriti=xlsread('NEWCUdata.xlsx','twith','A1:A9');%交通シナリオ入力(初期移動時間)
%%%各種パラメータの読み込み%%%
fai2=xlsread('NEWCUdata.xlsx','tatemono','A1');%φ2
fai3=xlsread('NEWCUdata.xlsx','tatemono','A2');%φ3
at=xlsread('NEWCUdata.xlsx','tatemono','A3');%建物パラメータa
b=xlsread('NEWCUdata.xlsx','tatemono','A4');%建物パラメータb
Al=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Pzalc','A1');%家計の配分パラメータ:Z
Be=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Pzalc','A2');%家計の配分パラメータ:A
Gn=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Pzalc','A3');%家計の配分パラメータ:L
Cp=xlsread('NEWCUdata.xlsx','Pzalc','A4');%パラメータC
H=xlsread('NEWCUdata.xlsx','wH','A2');%立地保有率
qhosei=xlsread('NEWCUdata.xlsx','qhosei','A1:I9');%初期ODと推定ODとの差
%%%重力パラメータ%%%
Alpha=xlsread('NEWCUdata.xlsx','GP','A1');%α
Beta=xlsread('NEWCUdata.xlsx','GP','A2');%β
Gamma=xlsread('NEWCUdata.xlsx','GP','A3');%γ
Delta=xlsread('NEWCUdata.xlsx','GP','A4');%δ

%%%推定したSH%%%
SH=xlsread('NEWCUdata.xlsx','wH','A3');%立地選択パラメータ

%%%推定したf(n)=aN^2+bN+c%%%
fnA=xlsread('NEWCUdata.xlsx','fn','A1');%fnA
fnB=xlsread('NEWCUdata.xlsx','fn','A2');%fnB
fnC=xlsread('NEWCUdata.xlsx','fn','A3');%fnC

%%%変数準備, 初期値の代入%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
i1=length(oriR);
V=zeros(i1,1);
fn=zeros(i1,1);
P=zeros(i1,1);

```

```

N=zeros(i1,1);
R=zeros(i1,1);
R2=zeros(i1,1);
I=zeros(i1,1);
O=zeros(i1,1);
D=zeros(i1,1);
ti=zeros(i1,1);

```

```

%%%初期地代,賃料,移動時間,発生集中交通量の代入%%%
%%%総人口,人口分布,総発生交通量の算出%%%

```

```

sumN=0;
oriP=zeros(i1,1);
sumO=0;

```

```

for C=1:i1
    I(C,1)=oriI(C,1);
    R(C,1)=oriR(C,1);
    R2(C,1)=oriR2(C,1);
    N(C,1)=oriN(C,1);
    sumN=sumN+oriN(C);
    oriP(C)=oriN(C)/sumN;
    sumO=sumO+oriO(C);
    ti(C)=oriti(C);
    O(C)=oriO(C);
    D(C)=oriD(C);
end
clear C

```

```

%%地代,賃料,人口の変化記録%%
kirokuR=zeros(i1,100);
kirokuR2=zeros(i1,100);
kirokuN=zeros(i1,100);
kirokuI=zeros(i1,100);
kirokuti=zeros(i1,100);
preR=zeros(i1,1);%%記録用の一個前の地代

```

```

%%収束確認(地代差)
for A=1:i1
    preR(A)=oriR(A);
end
RSA=0;

```

```

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%CUEmodeI計算%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
for n1=1:10000
    n1
    %%%%%%%%%土地市場均衡計算%%%%%%%%
    TochiKinko

```

%%%%%%%%土地市場⇒交通モデル%%%%%%%%

```
for A=1:i1
    O(A)=ori0(A)+sum0*((N(A)-oriN(A))/sumN);%将来の発生交通量の算出
end
clear A
```

%%%%%%%%交通市場均衡計算%%%%%%%%

Trafficmodel

%%%%%%%%交通モデル⇒土地市場%%%%%%%%

```
ti=(sum(keisanti'))';
```

%%%%%%%%収束判定%%%%%%%%

```
for E=1:i1
    RSA=RSA+abs((preR(E)-R(E)));%地代の差を比較
end
clear E
```

```
if RSA<=0.00001
    break
end
```

%%地代を記録(収束判定を通らなかった場合、現在の地代を記録して、もう一度)

```
for E=1:i1
    preR(E)=R(E);
end
clear E
RSA=0;
```

%%地代、賃料、人口を記録

```
kirokuR(:,n1)=R(:,1);
kirokuR2(:,n1)=R2(:,1);
kirokuN(:,n1)=N(:,1);
kirokuI(:,n1)=I(:,1);
kirokuti(:,n1)=ti(:,1);
```

```
end
```

```
disp('CUEmodel finish!!');
```

%%%%%%%%%%CUモデル計算終了%%%%%%%%%%

「TochiKinko」土地（建物床）市場均衡モデル

```
for m=1:10000
```

```
%%%%%%%%家計の行動%%%%%%%%
```

```
%%間接効用V, f(n)の算出
```

```
for B=1:i1
```

```
fn(B)=fnA*N(B)^2+fnB*N(B)+fnC;
```

```
V(B)=(1-Gn)*log(I(B))-Be*log(R2(B))+Gn*log((24-5.75714285714286-ti(B))*365)+Cp;
```

```
end
```

```
clear B
```

```
%%家計の立地選択確立Pの算出
```

```
for C=1:i1
```

```
sumP=0;
```

```
for F=1:i1
```

```
sumP=sumP+exp(SH*(fn(F)*V(F)+e(F)));
```

```
end
```

```
clear F
```

```
P(C)=exp(SH*(fn(C)*V(C)+e(C)))/sumP;
```

```
end
```

```
clear C
```

```
%%家計1人当たりの建物床消費量aの算出
```

```
a=zeros(i1,1);
```

```
for B=1:i1;
```

```
a(B)=Be/(A1+Be)*I(B)/R2(B)+Ga(B);
```

```
end
```

```
clear B
```

```
%%%%%%%%留保・人口移動を考慮したNiの計算%%%%%%%%
```

```
%%留保人口, 移動人口の算出
```

```
Nr=zeros(i1,1); %%留保人口
```

```
Ns=zeros(i1,1); %%移動人口
```

```
%%留保人口, 移動人口, Niの算出
```

```
for F=1:i1
```

```
Nr(F)=oriN(F)*H;
```

```
Ns(F)=P(F)*sumN*(1-H);
```

```
N(F)=Nr(F)+Ns(F);
```

```
end
```

```
clear E
```


%%%%%%%%地主の行動%%%%%%%%

%%供給面積yの算出

y=zeros(i1,1);

for F=1:i1

y(F)=oriY(F)*(1-Shig(F)/(R(F)*10000));

end

clear F

%%%%%%%%開発者の行動%%%%%%%%

%%土地面積需要量Lの算出%%

L=zeros(i1,1);

for K=1:i1

L(K)=fai3*((R2(K)*10000)^((1)/(1-at-b)))*((R(K)*10000)^((-1+b)/(1-at-b)))+G1(K);

end

clear K

%%建物床供給面積Qの算出%%

Q=zeros(i1,1);

for J=1:i1

Q(J)=fai2*((R2(J)*10000)^((at+b)/(1-at-b)))*((R(J)*10000)^((-at)/(1-at-b)))+Gq(J);

if Q(J)>L(J)*mu(J),

Q(J)=L(J)*mu(J);

end

end

clear J

%%%%%%%%建物床市場均衡計算%%%%%%%%

Supply2=zeros(i1,1);%土地供給量

Demand2=zeros(i1,1);%土地需要量

sumDemand2=0;%総D

sumSupply2=0;%総S

for A=1:i1

Supply2(A)=Q(A);

sumSupply2=sumSupply2+Supply2(A);

Demand2(A)=N(A)*a(A)*10000;

sumDemand2=sumDemand2+Demand2(A);

end

clear A

SA2=0;%差(総D-総S)

SA2=abs(sumDemand2-sumSupply2);

%%%%%%%%賃料の更新%%%%%%%%

STEP2=0.0005; %%%更新の刻み

for B=1:i1

```

R2 (B)=R2 (B) + (Demand2 (B) -Supply2 (B) ) / (Demand2 (B) +Supply2 (B) ) *STEP2;
end
clear B

%%%%%%土地市場均衡計算%%%%%%%%
Supply=zeros (i1, 1); %土地供給量
Demand=zeros (i1, 1); %土地需要量
sumDemand=0; %総D
sumSupply=0; %総S
for A=1: i1
    Supply (A)=y (A) ;
    sumSupply=sumSupply+Supply (A) ;
    Demand (A)=L (A) ;
    sumDemand=sumDemand+Demand (A) ;
end
clear A

SA=0; %差 (総D-総S)
SA=abs (sumDemand-sumSupply) ;

%%%%%%地代の更新%%%%%%%%
STEP=0. 0005; %%%更新の刻み
for B=1: i1
    R (B) =R (B) + (Demand (B) -Supply (B) ) / (Demand (B) +Supply (B) ) *STEP;
end
clear B

%%%%%%人口の更新%%%%%%%%

%%%%%%%%収束判定%%%%%%%%

    if SA<=0. 01    &&    SA2<=0. 01
        break
    end

%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%%
end

```

「Trafficmodel」 交通モデル

%%%%二重制約型グラビティモデル%%%%

%%%%ai,bjを解く（非線形連立方程式）%%%%

%%%%未知数準備%%%%

X=length(or i0);

Y=length(or iD);

n=X;

a1=ones(X,1);%%%%記録用ai,ai=1とおく

b1=zeros(Y,1);%%%%記録用bj

akiroku=1000;

bkiroku=1000;

%%%%計算スタート%%%%

for l=1:1500%繰り返し, ai,bjを求めて, 更新.

%%%%ai=1としてbjを計算

for A=1:Y

 B=0;

 for C=1:n

 if T(C,A)>0

 K=a1(C)*0(C).^Beta*D(A).^Ganma*T(C,A).^(-Delta);

 B=B+K;

 else

 end

 end

 b1(A)=D(A)/B;

end

%%%%bjからaiを求めて, 更新

for E=1:X

 F=0;

 for G=1:n

 if T(E,G)>0

 J=b1(G)*0(E).^Beta*D(G).^Ganma*T(E,G).^(-Delta);

 F=F+J;

 else

 end

 end

 a1(E)=0(E)/F;

end

%%%%収束判定%%%%

%%%%一個前の値と現在のaとbを比較%%%%

Asa=abs(max(a1-akiroku));

Bsa=abs(max(b1-bkiroku));

%%%%差が十分に小さければ、終わり

if Asa <=0.00001 && Bsa<=0.00001

break

end

%%%%十分に小さくなければ現在の値を記録して、繰り返し

akiroku=a1;

bkiroku=b1;

end

clear A B C K E F G J akiroku bkiroku

%%%%ここから将来的なODを予測%%%%

qhoseimae=zeros(X,Y);

for E=1:X

for A=1:Y

qhoseimae(E,A)=a1(E)*b1(A)*O(E).^Beta*D(A).^Gamma/T(E,A).^Delta;

end

end

q=qhoseimae+qhosei;

clear E A

%%%%二重制約型グラビティモデル終わり%%%%

keisanT=zeros(i1,i1);%%計算用

keisanq=zeros(i1,i1);%%計算用

kajyu=zeros(i1,i1);%%計算用

keisanti=zeros(i1,i1);%%計算用

%%移動時間と分布交通量を用いて、加重平均によりtiを算出

for B=1:i1

for C=1:i1

if T(B,C)>0

keisanT(B,C)=T(B,C);

else

end

if q(B,C)>0

keisanq(B,C)=q(B,C);

else

end

```

        end
    end
    clear B C

    for B=1:i1
        for C=1:i1
            kajyu(B,C)=keisanq(B,C)/O(B,1);
            keisanti(B,C)=keisanT(B,C)*kajyu(B,C);
        end
    end

    clear B C

```