

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

藤井 修平¹・辻 裕之²・石倉 智樹³・小根山 裕之⁴

¹学生非会員 首都大学東京大学院 都市環境科学研究科 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: fujii-shuhei@ed.tmu.ac.jp

²非会員 パシフィックコンサルタンツ株式会社 (〒812-0011福岡市博多区博多駅前2丁目19番24号)

E-mail: hiroyuki.tsuji@os.pacific.co.jp

³正会員 首都大学東京 都市環境学部 准教授 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: iskr@tmu.ac.jp

⁴正会員 首都大学東京 都市環境学部 教授 (〒192-0397 東京都八王子市南大沢1-1)

E-mail: oneyama@tmu.ac.jp

都市における交通整備事業においては、事業がもたらす都市構造すなわち土地利用の変化と交通の変化との間に相互依存関係が存在する。土地利用と交通需要の相互関係を考慮し、かつミクロ経済理論と統合的な手法として応用都市経済モデル (CUEM) が開発されている。しかし、既存のCUEMは、都市形成の要因となりうる集積外部性が考慮されていない。本研究は、集積外部性を考慮したCUEMを構築し、既存のCUEMとの比較を行うとともに、大都市圏における都市鉄道整備事業を事例としてモデルの適用を試みる。

Key Words : *Computable Urban Economic model, agglomeration externality, urban rail, commuting*

1. はじめに

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統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⁾。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)。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では集積外部性が扱われていない。

そこで本研究は、集積外部性を考慮した簡易なCUEMを構築し標準的なCUEMとの比較を行うとともに、首都圏における都市鉄道整備事業への適用を試みる。

2. 既存研究と本研究の位置づけ

山崎ら(2008)³⁾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。

平谷ら(1993)⁴⁾、堤ら(2012)⁵⁾では、土地市場に加え、建物市場を考慮したCUEMを開発し、容積率規制等の政策シミュレーションや建物からのCO2排出量を推計する際に必要となる建物床面積の将来予測を可能にし、CUEMの適用範囲の幅を広げた。

辻ら(2013)⁶⁾、辻ら(2014)⁷⁾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。

しかしながら、これまでのCUEMは集積外部性を考慮していない。ここでの集積外部性とは、企業や人口が地域に集積することで発生する経済的便益のことであり、特に人口が集中している首都圏を対象とした分析の際には、集積外部性の影響は無視できない。CUEMにおいて、都市の集積による影響を考慮しない場合、地代や人

口等の指標において、都市の中心部地域では過小推計に、郊外部では過大推計となる可能性があると考えられる。そこで本研究は、集積外部性を考慮したCUEMを開発し、既存の枠組みのCUEMと結果の挙動を比較分析するとともに、都市圏における都市鉄道整備による通勤環境の変化と家計の立地変化の分析に対して適用する。

3. 本研究での集積外部性

我が国では、首都東京を初めとする大都市に人口が集中する傾向にある。金本(1997)⁹では、「生活コストの高い大都市に人口が集中するのは、何らかの経済的な便益が都市集積によってもたらされているからである」と指摘している。この要因として、集積外部性が存在していると考えられている。

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、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。一般に、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)¹⁰では都市の人口と住民の効用の関係は図-1のような逆U字型の関数になると主張している。本研究では、図-1を参考に集積外部性を考える。

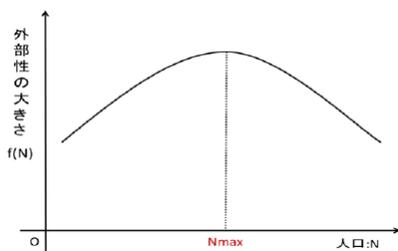


図-1 黒田ら(2008)における都市規模と外部性の関係図

4. モデル定式化

(1) CUEM定式化における前提条件

本研究では、新たに構築する集積外部性を考慮したCUEMを新CUEM、辻ら(2014)⁹で構築された簡易なCUEMを踏襲したCUEMを標準型CUEM(全体構造を図-2に示す)と呼ぶ。本モデルで想定している経済主体は家計、地主であり、それぞれが価格受容者として効用最大化行動及び利潤最大化行動を行うと想定する。土地市場及び交通市場の均衡条件より、地代、通勤交通費用、財の需要、余暇需要、交通需要、土地需要が決定される。

家計は財と土地に加えて、余暇時間の消費も選択する。均衡状態については、標準的なCUEMと同じく、各ゾーンにおける土地市場とゾーン間を結ぶ交通市場が同時に均衡する多市場同時均衡を想定したモデルである。表-1の前提条件を踏まえ、新CUEMの定式化を行う。

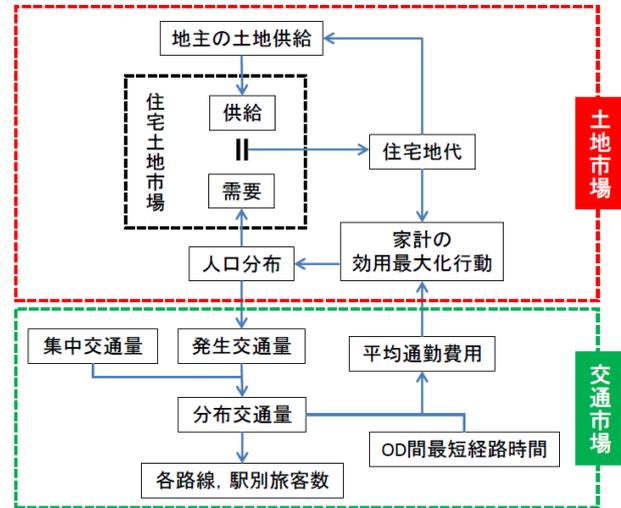


図-2 標準型CUEMの全体構造

表-1 前提条件

1	経済主体として、同一の選好を持つ人口1人当たりで捉えた家計、不在地主を考える。
2	都市圏内の空間は <i>i</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。
3	閉鎖都市モデルであり、都市圏(対象地域)の総人口と総従業者数は外生的に与えられる。
4	土地市場は等効用原則に基づく利用者均衡を確率に拡張している。
5	家計は効用最大化行動に従って立地選択を行い、立地の変化による追加的な費用は生じないと仮定する。
6	交通市場では鉄道通勤交通だけに着目し、通勤目的地の変更は考慮しない。

(2) 家計の行動

a) 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土地、合成財、余暇の消費計画を決定する。家計の効用最大化行動は(1)式のように定式化しており、土地、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。また所得は、労働時間(外生)と賃金率との積により与えられる。

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

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 の平均通勤所要時間
 w : 賃金率
 r_i : ゾーン i の住宅地代

(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。

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

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

b) 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.

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

$$v_i = V_i + e_i \quad (7.c)$$

P_i : 立地選択確率
 e_i : 地域固有指標
 θ : 立地選択パラメータ
 S : 期待最大効用

(7)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。

$$P_i = \frac{\exp(\theta v_i)}{\sum_i \exp(\theta v_i)} \quad (8)$$

$$S = \frac{1}{\theta} \ln \sum_i \exp(\theta v_i) \quad (9)$$

c) 立地選択における集積外部性

集積がもたらす外部経済の表現方法として、例えば金本(1997)⁹⁾によるピグー補助金の概念を用いたものなどが挙げられるが、広く合意が得られているような定型化されたフォーマットは存在していない。そこで、本研究でも、アドホックな仮定ではあるが、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(10)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。

$$f(N_i) = aN_i^2 + bN_i + c \quad (10)$$

f : 外部性の大きさ
 N_i : ゾーン i の人口
 a, b, c : パラメータ

したがって、本モデルでの立地選択行動では(11)式のように立地選択パラメータを集積外部性関数に置き換えることで、集積外部性を考慮する。すなわち各ゾーンの都市規模(人口)に対応して、ゾーンの立地選択確率の値が変動するという構造になる。

$$P_i = \frac{\exp\{f(N_i) \times v_i\}}{\sum_i \exp\{f(N_i) \times v_i\}} \quad (11)$$

d) 立地行動での留保層の考慮

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ケースが多い。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。

(3) 不在地主の行動モデル

不在地主は家計へ土地を供給し、地代収入による利潤を得る。不在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が決定する。その不在地主の土地供給関数を山崎ら(2008)⁴⁾と同様に以下のように定式化する。(12)式の () 内は 0 から 1 までの値をとるものとし、不在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。

$$y_i = \bar{y}_i \left(1 - \frac{\sigma_i}{r_i} \right) \quad (12)$$

y_i : 居住用土地供給
 \bar{y}_i : 土地供給可能面積
 σ_i : パラメータ

(4) 均衡条件

変動層及び固定層を考慮して、立地均衡条件は以下の(13)~(16)式のように表される。

$$N^T = \sum_i N_i \tag{13}$$

$$N_i = N_i^R + N_i^S \tag{14}$$

$$N_i^R = RN_{i0} \tag{15}$$

$$N_i^S = (1 - R)N^T P_i \tag{16}$$

N^T : 対象地域総人口
 N_i : ゾーン人口
 R : 留保率
 N_i^R : 留保人口
 N_{i0} : ゾーン初期人口
 N_i^S : 変動人口
 P_i : 家計の立地選択確率

また、本モデルで明示的に扱われている市場は住宅土地市場である。住宅土地市場の市場均衡は以下の(17)式のように表される。

$$a_i(r_i)N_i = y_i(r_i) \tag{17}$$

(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た。以下に定式化した式を(18)~(23)式に示す。なお本分析では通勤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。また、各ゾーンの移動時間指標については、(24)式のように OD 交通量で重み付けした荷重平均とした。

$$q_{ij} = \exp[\alpha] \frac{O_i^\beta D_j^\gamma}{T_{ij}^\delta} \tag{18}$$

$$\exp[\alpha] = a_i b_j \tag{19}$$

$$a_i = \frac{O_i}{\sum_{j=1}^N b_j O_i^\beta D_j^\gamma T_{ij}^{-\delta}} \tag{20}$$

$$b_j = \frac{D_j}{\sum_{i=1}^N a_i O_i^\beta D_j^\gamma T_{ij}^{-\delta}} \tag{21}$$

$$\sum_{j=1}^N q_{ij} = O_i \tag{22}$$

$$\sum_{i=1}^N q_{ij} = D_j \tag{23}$$

$$t_i = \frac{\sum_{j=1}^N T_{ij} \times q_{ij}}{O_i} \tag{24}$$

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

5. 仮想都市への適用

(1) 仮想都市(3都市)の設定

構築した新CUEMの挙動の確認、及び標準型CUEMとの比較を行うために、図-3のような仮想3都市を想定し、分析を行った。また、ここでは最適な都市規模を総人口の半分である15万人と設定した。

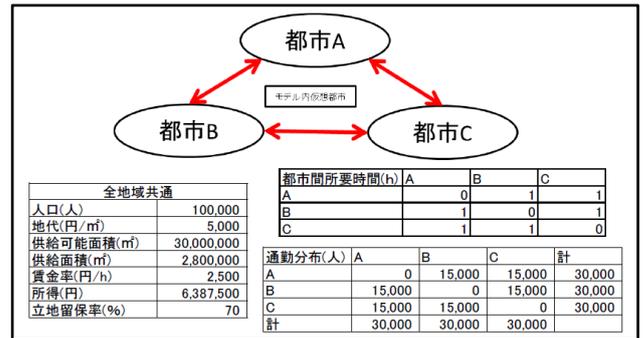


図-3 仮想3都市の土地利用状況及び交通状況

(2) パラメータ感度分析

政策として、都市Aから都市B・Cへの通勤所要時間をそれぞれ50%減少させるシナリオを与えた際に、標準型CUEMでは立地選択パラメータ θ を操作し、新CUEMでは、集積外部性を表す関数に対してそのスケールを規定するパラメータ θ_N を導入し $f(N) = \theta_N(aN^2 + bN + c)$ と表し、この θ_N を操作し、人口や地代の変動を観察する。その結果、標準型CUEMでは、人口・地代ともにパラメータを大きくしていくことによる増加・減少量はほぼ一定であるのに対して、新CUEMではあるパラメータ付近までは増加・減少量は微量であるが、都市の人口が最適都市規模に近づく際に、人口・地代の値が急激に増加した。これらの結果から、集積外部性が存在することが確認できた。両モデルでの人口変動の結果を図-4, 5に示す。

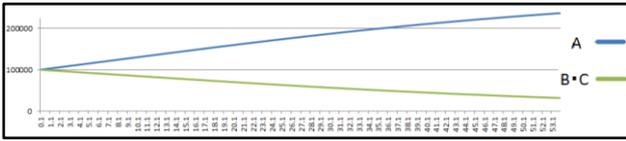


図-4 標準型 CUEM 横軸:パラメータの大きさ,縦軸:人口(人)

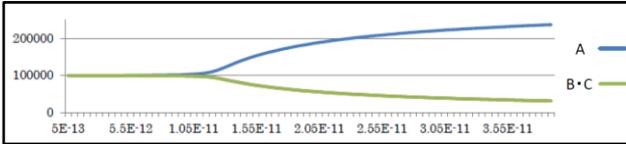


図-5 新 CUEM 横軸:パラメータの大きさ,縦軸:人口(人)

6. 実都市への適用

(1) 分析対象

本研究では辻ら(2013)⁷⁾, 辻ら(2014)⁸⁾と同様に, 政策シナリオとして2015年3月14日に開通した上野東京ラインを考え, CUEM及び新CUEMへの適用を行った. また, 辻ら(2013)⁷⁾, 辻ら(2014)⁸⁾では常磐線と宇都宮線・高崎線沿線の22市区町村を分析対象地域としているが, 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-6に示す首都圏131市区町村を分析対象とした.

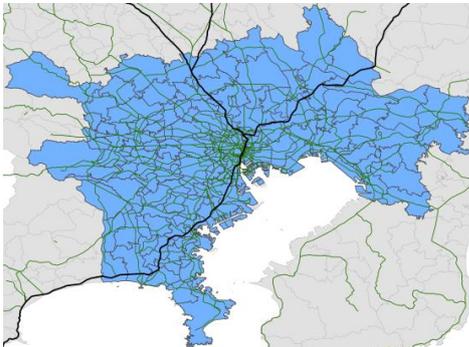


図-6 本研究の分析対象範囲

(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)⁹⁾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-2に示す通りである.

CUEMは交通モデルと土地利用モデルの両方を扱った

め, 交通・土地利用に関するデータがそれぞれ必要である. 本研究では人口は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)⁸⁾で用いられているデータを利用した. 使用データは表-3に示す.

対象地域内の全鉄道路線ネットワークについて, 停車駅と駅間所要時間を時刻表を基に構築した. 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.

表-2 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 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

(3) パラメータの設定

余暇パラメータ α_1 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. また, 土地パラメータ α_a と合成財パラメータ α_z は各地域の通勤時間と地代を用いて, キャリブレーションにより求める.

立地選択パラメータ θ は, 土地パラメータ α_a と合成財パラメータ α_z を求めるキャリブレーションを行う際に同時に得られる. 地域固有指標である e_i は, θ を含むこれまでに推定したパラメータを用いて, (8)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.

新CUEMでは集積外部性関数のパラメータが必要である. 仮想3都市においてはパラメータを外生的に与えたが, 実在する都市を考えた際, 外生的に最適な都市規模を与えることはできないので, 本研究ではキャリブレーションによってそれらを求めることとした. 以下の(25)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, 集積外部性関数のパラメータ及び家計の分配パラメータを最尤推定法により推定した.

$$P_i = \frac{\exp\{f(N_i) \times V_i\}}{\sum_i \exp\{f(N_i) \times V_i\}} \quad (25)$$

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推定する。

地主のパラメータである σ_i は、(12)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。

(4) 定数項補正

住宅消費量と分布交通量は、推定した各パラメータの値と実データを用いてそれぞれ(3)・(18)式の計算をしても、実測値とは一致しない。そのため、(3)・(18)式で求められるのは推定の住宅消費量・分布交通量と考え、実測値と推定値との差で求められる補正定数 C_a, C_q を導入する。以下の(26)~(32)式に補正の流れを示す。

$$\bar{a}_i = \frac{\alpha_a}{\alpha_a + \alpha_z} \frac{wK}{r_i} \quad (26)$$

$$\bar{\bar{a}}_i = \frac{y_i}{N_i} \quad (27)$$

$$C_a = \bar{\bar{a}}_i - \bar{a}_i \quad (28)$$

$$a_i = \frac{\alpha_a}{\alpha_a + \alpha_z} \frac{wK}{r_i} + C_a \quad (29)$$

\bar{a}_i :推定住宅消費量

$\bar{\bar{a}}_i$:実測住宅消費量

C_a :住宅補正定数

a_i :住宅消費量

$$\bar{q}_{ij} = \exp[\alpha] \frac{O_i^\beta D_j^\gamma}{T_{ij}^\delta} \quad (30)$$

$$C_q = \bar{\bar{q}}_{ij} - \bar{q}_{ij} \quad (31)$$

$$q_{ij} = \exp[\alpha] \frac{O_i^\beta D_j^\gamma}{T_{ij}^\delta} + C_q \quad (32)$$

\bar{q}_{ij} :推定分布交通量

$\bar{\bar{q}}_{ij}$:実測分布交通量

C_q :交通補正定数

q_{ij} :分布交通量

7. 分析結果

標準型CUEM・新CUEM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、標準型CUEM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、新CUEMではどちらも

0.3%にも満たない増加となっている。両モデルでの地代の変化率を図-7, 8に示す。

人口・地代ともに標準型CUEMでの結果を基準としたときの新CUEMでの結果の比率を見ると、集積外部性を考慮した新CUEMでは、主に常磐線と宇都宮線・高崎線沿線のいわゆる郊外部で標準型CUEMよりも小さな値を示し、主に都心部で標準型CUEMよりも大きな値を示していることがわかる。これは、2章において「都市の集積による影響を考慮しない場合、都市の中心部地域では過小推計に、郊外部では過大推計となる可能性がある」と述べたような現象がモデル内で再現されたためだと考えられる。地代の比率を図-9に示す。

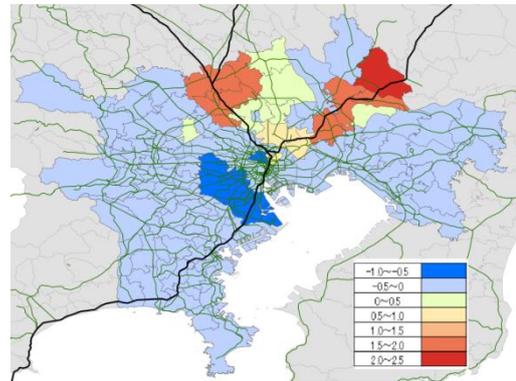


図-7 標準型 CUEM での地代変化率 (%)

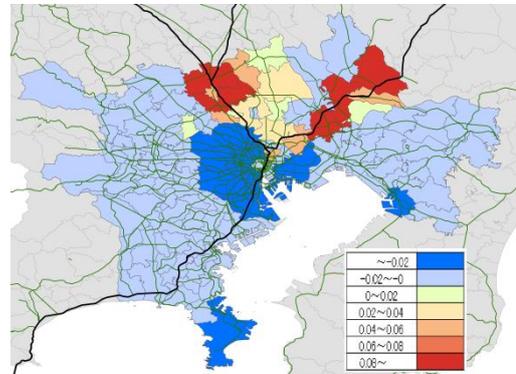


図-8 新 CUEM での地代変化率 (%)

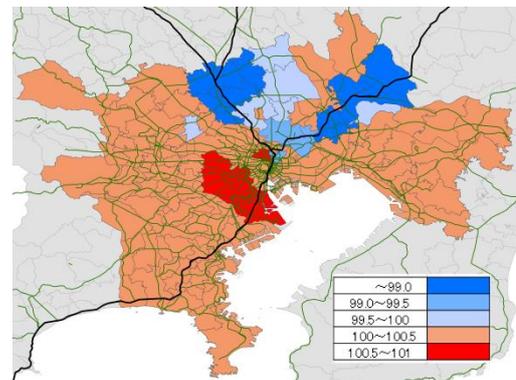


図-9 標準型 CUEM に対する新 CUEM での地代の比率 (%)

8. 結論

本研究では集積外部性を考慮した CUEM を構築し、仮想都市・実都市のそれぞれに適用することで、新モデルの挙動の把握、従来モデルとの比較を行った。これにより、新 CUEM の特性も把握することができた。

一方で本研究で構築した新 CUEM は、従来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したのではない。その為、今後の検証が必要である。

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) 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.
- 5) 平谷浩三・中村英夫・上田孝行・堤盛人：土地と建物の多市場同時均衡に基づく土地利用交通モデル—土木計画学研究・講演集, No16,1993.
- 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) 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, Vol47, 2013.
- 8) 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.
- 9) 金本良嗣：都市経済学—東洋経済新報社, 1997.
- 10) 黒田達郎・田淵隆俊・中村良平：都市と地域の経済学[新版]—有斐閣ブックス, 2008.
- 11) 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.
- 12) 上田孝行・堤盛人・武藤慎一・山崎清：わが国における応用都市経済モデル—特徴と発展経緯—応用地域学会, 2008.
- 13) 上田孝行：Excel で学ぶ地域・都市経済分析—コロナ社, 2010.