

開発者行動を考慮した応用都市経済モデルの可能性*

On the potential of a Computable Urban Economic Model with developer's behavior*

宮城卓也**・堤盛人***・山崎清****

By Takuya MIYAGI**・Morito TSUTSUMI***・Kiyoshi YAMASAKI****

1. はじめに

都市・地域における様々な施策・政策評価を行うために開発された応用都市経済モデル (Computable Urban Economic Model: 以下, CUEM) (例えば上田他(2008)¹⁾) では, 立地者と不在地主という主体間の土地市場均衡を扱うのが一般的であるが, 土地市場に加えて建物市場を考慮することによって, 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が可能になるなど, これまで以上に多様な都市政策を議論するための有効な分析ツールに成り得る. 実際, 海外の土地利用・交通相互作用モデル (例えば, Anas *et al.* (2007)²⁾, Waddell *et al.* (2002)³⁾) では, 開発者という主体を考慮し, 建物市場均衡と土地市場均衡を同時に扱う構造をしている.

そもそも, 我が国では土地と建物が個別に取引されることが多く, CUEMにおいて土地市場と建物市場を両方明示的に考慮することは現実のモデル化という意味にといても自然である.

しかしながら, 我が国では建物の賃料や建物床面積についてのデータ取得が容易でなかったことなどから, 開発者行動を考慮したCUEM (以下, 「新型CUEM」と略記) に関する研究は, 筆者らが知る限り, Ueda *et al.* (1993)⁴⁾, 平谷・中村・上田・堤(1993)⁵⁾のみである. そこでは, 当時, 建物床面積に関するデータが利用可能であった広島市を分析対象地域とし, 新型CUEMを構築しているが, 同一の分析対象地域で建物市場を明示的に考慮しない場合との比較を行っておらず, 開発者行動の考慮がモデル分析の結果に与える影響について考察されていない.

そこで, 本研究では, 開発者行動の考慮の有無が分析

結果に与える影響を実証的に考察するために, 土地市場のみを扱う CUEM (「従来型 CUEM」と略記) と新型 CUEM を比較可能な形で構築し, 両者を同一の分析対象に適用しその結果を考察するとともに, 新型 CUE モデルの実用可能性について議論する.

本研究では, 従来型CUEMとして, 武藤・上田・高木(2000)⁶⁾等によって構築された枠組みを基本的に踏襲しながら東京都市圏に適用するために改良されたモデルである, 千葉県・株式会社価値総合研究所(2007)⁷⁾において開発されたモデル (貨物考慮している点以外は山崎・上田・岩上(2008)⁸⁾と同じモデル) を用いる.

2. 開発者行動を考慮した応用都市経済モデル

(1) 開発者行動を考慮したモデルの全体構成

本研究では, 千葉県・株式会社価値総合研究所(2007)⁷⁾のモデルに建物市場を組み込むことで, 新型 CUEM を構築した. 建物市場を組み込む上で新たに考えるべき主体である「開発者」は, 建物市場において家計・企業と建物床の賃貸取引を行う. また, 土地市場において不在地主と土地の賃貸取引を行う. モデルの全体構成は図-1に示す通りであり, 前提条件は以下の通りである.

- 1) 経済主体としては, 同一の選好を持つ人口1人当たりで捉えた家計, 職業・産業別の区分の無い従業者1人当たりで捉えた企業, 不在地主, そして, 開発者を考える.
- 2) 都市圏内は i 個のゾーンに分割されており, 各ゾーンにおける同一用途内は均質である.
- 3) 都市圏 (対象地域) の総人口, 総従業者数は外生的に与えられ, 都市圏外との交流は無いと仮定する (いわゆる閉鎖都市モデル) .
- 4) 家計は効用最大化, 企業は利潤最大化に従って, それぞれ立地選択行動を行うものとし, 立地の変化による追加的な費用は一切考慮しない. 不在地主, 開発者も利潤最大化行動に従う.
- 5) 土地市場, 建物市場はでは需給均衡, 交通市場では利用者均衡が成立し (ただし確率的均衡) . 土地市場と建物市場, 交通市場が同時に均衡する.

*キーワード: 応用都市経済モデル, 開発者行動

**非会員, 修 (工), 大成建設株式会社

(東京都新宿区西新宿1-25-1, TEL: +81-3-3348-1111,
E-mail: mygky00@pub.taisei.co.jp)

***正員, 博 (工), 筑波大学大学院システム情報工学研究科
(茨城県つくば市天王台1-1-1,

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

****正員, 博 (工), 株式会社価値総合研究所

(東京都港区三田3-4-10, TEL: +81-3-5441-4812,
E-mail: kiyoshi_yamasaki@vmi.co.jp)

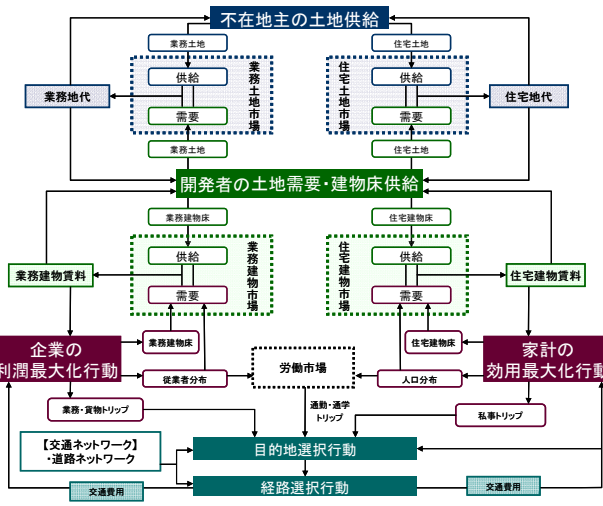


図-1 新型 CUEMの全体構成

(2) モデルの定式化

既述のとおり、新型CUEMにおける経済主体は家計、企業、開発者、不在地主であるが、紙面の制約から新たに考慮する開発者の定式化についてのみ記す。なお、紙面の都合上、家計、企業、不在地主、及び交通に関するモデルの定式化は千葉県・株式会社価値総合研究所(2007)⁷⁾を参照されたい。

a) 開発者の定式化

本研究ではUeda *et al.* (1993)⁴⁾、平谷・中村・上田・堤(1993)⁵⁾と同様に開発者の静的行動モデルを構築した。具体的には、開発者は各ゾーンの住宅・業務の用途別に1人ずつ存在すると仮定し、建物市場において立地者とそれぞれ取引を行う。資本と土地を生産要素財とし、容積率規制内で建物生産による利潤を最大にすると仮定する。建物の除去、耐久性、最適開発時点等の動的要素は考慮していない。

$$\Pi_i = \max_{Q_i, L_i, K_i} [R_i \cdot Q_i - P_i L_i - MK_i] \quad (1.a)$$

$$Q_i = v \cdot L_i^a \cdot K_i^b \quad (1.b)$$

Π_i : ゾーン i の開発者の利潤, R_i : 建物質料, Q_i : 建物生産床面積, P_i : 土地地代, L_i : 開発者に供給された土地面積, 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, $0 < a + b < 1$)

式(1)のような収穫逨減型の生産関数を仮定した場合、建物生産によって超過利潤が発生する。しかし、本研究では超過利潤発生後の分配先や市場への参入の自由度については考慮しないこととする。式(1)の最適化問題を解くと、利潤関数は式(2)ようになる。これにHotellingの補題を用いることで、建物床供給関数(Q_i^D)及び土

地需要関数(L_i^D)が式(3)・(4)のとおり導出される。

$$\Pi_i = \phi_1 \cdot R_i^{1-a-b} \cdot P_i^{-\frac{a}{1-a-b}} \quad (2)$$

$$Q_i^D = \phi_2 \cdot R_i^{1-a-b} \cdot P_i^{-\frac{a+b}{1-a-b}} \quad (3)$$

$$L_i^D = \phi_3 \cdot R_i^{1-a-b} \cdot P_i^{-\frac{1-b}{1-a-b}} \quad (4)$$

ϕ_1, ϕ_2, ϕ_3 : パラメータ

但し、 Q_i 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、土地需要関数は式(5)、(6)になる。なお、式(5)、(6)の時、すなわち法定容積率による制限が効く場合でもHotellingの補題は成立する。

$$Q_i^D = \bar{Q}_i \quad (\bar{Q}_i = \mu_1 \cdot \bar{L}_i) \quad (5)$$

$$L_i^D = \bar{Q}_i / \mu_i \quad (6)$$

\bar{Q}_i : 法定容積率から算出される限界可能建築建物床面積, μ_i : 法定容積率

b) 清算条件

新型CUEMでは清算条件として、立地均衡、建物市場均衡と土地市場における需給均衡を考える。紙面の都合により数式は省略するが、ゾーン別・用途別の均衡を条件式として定式化する。

c) 便益計測

開発者の便益は以下の式で計測する。

$$B_i^{Developer} = \frac{1}{2}(Q_{iO}^H + Q_{iW}^H)(R_{iO}^H - R_{iW}^H) + \frac{1}{2}(Q_{iO}^B + Q_{iW}^B)(R_{iO}^B - R_{iW}^B) \quad (7)$$

$B_i^{Developer}$: ゾーンに帰着する開発者の便益, H : 住宅用途, B : 業務用途, O : 整備前(Without), W : 整備後(With)

3. モデルの適用対象地域とパラメータ推定結果

(1) 対象地域と使用するデータ

モデルの適用対象地域は、図-2に示す通り、山崎・上田・岩上(2008)⁸⁾など同様の関東地方の南部とし、市区町村を基礎とした197ゾーンを設定している。

本研究で使用した、土地利用と交通に関するデータは表-1に示す通りである。いずれのデータも2005年時点のものを用いている。建物床面積データとして用いる固定資産課税台帳は全国レベルで整備されている市区町村単位の集計データであり、2002年より無償で開示請求が行える。また、建物質料データは不動産仲介業者の物件データ(住宅用途: 約140万件, 業務用途: 約14万件)であり、それを用いてゾーンの代表値を算出した。交通は自動車交通のみを対象とし、交通基盤としては主要道路のみを考慮した。

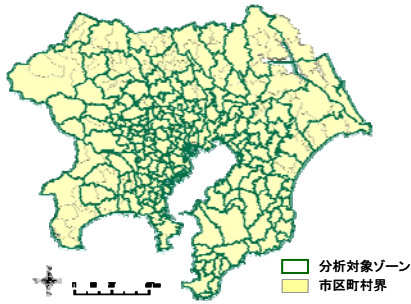


図-2 分析対象地域及びゾーンの設定

表-1 使用データ

データ項目	分類	出典
人口	年齢階層分類なし	国勢調査(総務省統計局)
従業者	産業分類なし	国勢調査(総務省統計局)
建物床面積	住宅、業務別	固定資産課税台帳(自治税務局固定資産課課)
土地面積	住宅、業務別	固定資産課税台帳(自治税務局固定資産課課)
建物質料	住宅、業務別	所有賃貸物件データ
土地地代	住宅、業務別	地価公示(国土交通省)
資材価格	分類なし	建物資材・労働力需要実態調査(国土交通省)、建設総合サイト建設ナビ
資材投入量	住宅、業務別	建築・住宅着工統計((財)建物物価調査会)
自動車OD	車種分類(乗用車、小型貨物車、普通貨物車)	道路交通センサス起終点調査(国土交通省道路局)

(2) パラメータの推定

従来型CUEM, 新型CUEMにおけるパラメータの推定結果を表-2に示す。推定には単一方程式ごとに最小二乗法を用いた。また、パラメータ θ , σ , φ (添え字略) はキャリブレーションで算出する。交通関連のパラメータは千葉県・株式会社価値総合研究所(2007)⁸⁾と同様である。

表-2 パラメータ推定結果

(a) 従来型 CUEM			(b) 新型 CUEM		
データ項目	パラメータ	t値	データ項目	パラメータ	t値
土地消費(αa)	1.5×10^{-2}	41.1	住宅建物床消費(αa)	1.6×10^{-3}	42.1
私事トリップ(αx)	9.2×10^{-2}	13.4	私事トリップ(αx)	9.2×10^{-2}	13.4
土地消費(βa)	5.2×10^{-3}	16.9	業務建物床消費(βa)	4.4×10^{-4}	27.4
業務トリップ(βb)	8.8×10^{-2}	27.0	業務トリップ(βb)	8.8×10^{-2}	27.0
貨物トリップ(βf)	1.1×10^{-1}	15.9	貨物トリップ(βf)	1.1×10^{-1}	15.9
			a(住宅)	6.3×10^{-2}	52.0
			b(住宅)	4.5×10^{-1}	54.9
			a(業務)	4.2×10^{-2}	54.2
			b(業務)	2.3×10^{-1}	55.6

4. 政策シミュレーション

(1) シミュレーションの概要

政策シミュレーションの対象とするプロジェクトは東京湾アクアラインの料金値下げとした。具体的には、平成12年7月の料金改定以降の現行料金である3,000円(Case1)から半分の1,500円(Case2)への値下げを想定する。効果の計測方法はモデルのパラメータ推定に用いたデータの時点(基準年)である2005年における変化($\{Case2\}-\{Case1\}$)により計測する。

(2) シミュレーションの結果

a) 立地への影響

図-3に、従来型CUEM, 新型CUEMの2つのモデルによる、アクアライン料金値下げによる人口変化の計算結果の差($\{Case2\}-\{Case1\}$)を都県別に示す。埼玉県と東京都において、新型CUEMの方が人口の減少量が小さいことが分かる。

次に、各ゾーンの人口変化の分布(図-4)と2つのモデルの出力結果の差の分布(図-5)を示す。図-5より、新型CUEMの方が、従来型CUEMに比べて、東京都心部、埼玉県東部等で人口を多く推計していることが分かる。これは、新型CUEMが建物市場を考慮していることにより、都心部と郊外部の実容積率の差が表現できていることによると考えられる。すなわち、都心部では、土地面積に比べて建物床面積の供給可能量が多いため、新型CUEMでは、従来型CUEMを用いた土地地代をもとに想定される建物質料よりも割安な賃料が均衡賃料として求まり、立地を促す。従業者数についても、同様に都心部の高い容積率の地域で新型の方が従来型より多く推計された。

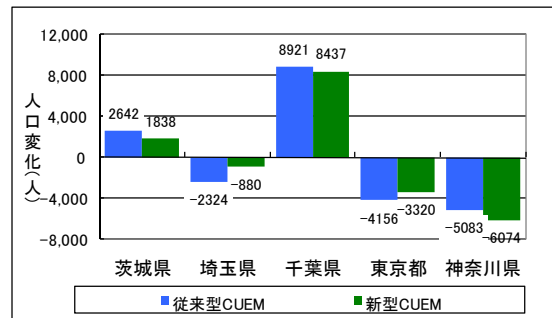
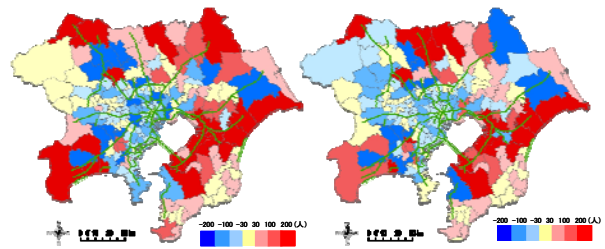


図-3 都県別の人口変化



(a) 従来型 CUEM (b) 新型 CUEM

図-4 ゾーン別の人口変化

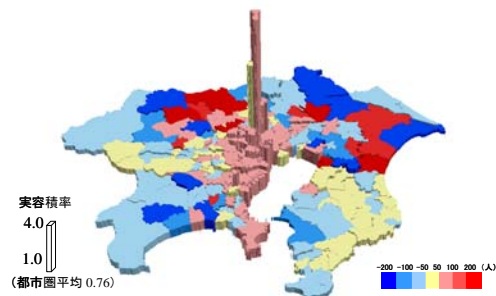


図-5 新型CUEMと従来型CUEMのゾーン別推計人口の差分と実容積率

b) 交通への影響

2つのモデルを用いて算出した配分交通量の差分を図-6に示す。新型CUEMの方が、東名・関越・東関東などの高速道路を通る交通量が多く推計された。これは、高速道路周辺地域における立地量が新型CUEMの方でより多く推計されていることによるものと考えられる。

続いて、道路ネットワーク上の基礎評価指標の変化率を表-3に示す。新型・従来型いずれの2つのモデルともアクアライン料金値下げによってトリップ数が微増するものの、平均トリップ長は減少する。一方、2つのモデルの異なる傾向として、開発者新型CUEMモデルの方が、従来型に比べて平均トリップ長が短い。これは、既往のとおり、新型の方が都心部における集積が高く推計されることによるものであると考えられる。さらに、新型CUEMでは都心部に交通量が集中する結果となり、それに伴う混雑により平均速度の低下を招いている。

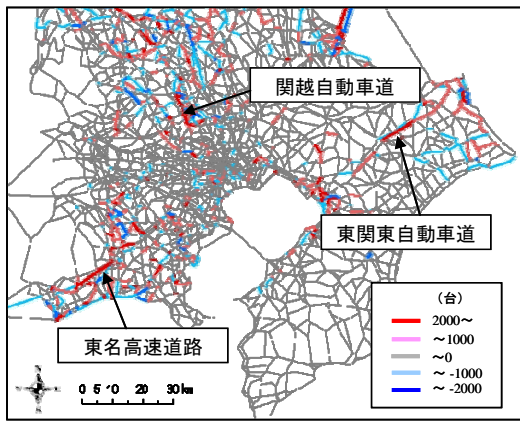


図-6 新型CUEMと従来型CUEMの差分（配分交通量）

表-3 道路ネットワークの評価基礎指標の変化率

	従来型CUEM	新型CUEM
自動車総トリップ数	0.048	0.049
平均トリップ長	-0.1	-0.38
総走行台キロ	-0.011	0.082
総走行台時	0.72	0.038
平均速度	0.00	-0.48

c) 便益への影響

各主体の便益、それらの合計である総便益、アクアラインの交通量変化に伴う料金収入変化を表-4に示す。新型・従来型いずれのモデルによる計算においても、ゾーン総便益が減収額を上回っている。また、家計・企業が正の便益、地主が負の便益を享受する点も両方に共通する。一方で、企業便益の推計額には約60億円の乖離が生じているが、これは、従業者が多い東京都心部において業務・貨物トリップ数が減少したゾーンが多いことによるためである。また、新型CUEMの方が高速道路料金収入の減収額が少なく推計されている。これは、新型CUEMが既往のとおり高速道路の交通量をより多く推計していることによるものである。

表-4 便益と料金収入

		従来型CUEM	新型CUEM
便益 (億円/年)	家計便益	26.3	33.6
	企業便益	165.9	103.6
	地主便益	-10.3	-37.6
	開発者便益	-	-0.08
	合計	182.0	99.5
料金収入変化 (億円/年)	アクアライン 料金収入	-23.8	-21.2
	他高速道路 料金収入	-32.1	-4.3
	合計	-55.9	-25.5

5. おわりに

本研究では、開発者行動を考慮した応用都市経済モデルの実用化を目的に、従来型CUEMと開発者を考慮した新型CUEMの2つのモデルを同一の分析対象で比較可能な形で構築し、東京湾アクアラインの料金値下げの効果をシミュレーションした結果の比較を通して、開発者行動が推計結果に及ぼす影響を考察した。

本研究では実証的検証を行っていないため、従来型と新型のいずれのモデルが予測能力の観点で優れているのかは判断できない。しかしながら、特に、便益額や料金値下げによる料金の減収額の推計値は、従来型に比べて新型モデルは約半分程度となり、CUEMにおいて開発者を考慮することがプロジェクト評価に関して無視し得ない影響を及ぼすことが明らかとなったことは特筆すべき点である。

参考文献

- 1) 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, 11月15日～16日, 2008, 釧路公立大学. (available: <http://www.geocities.jp/arsc2008inkushiro/paper/B4-2.pdf>)
- 2) Anas, A. and Liu, Y.: A Regional Economy, Land Use and Transportation Model (RELU-TRAN): Formulation, Algorithm Design, and Testing, *Journal of Regional Science*, Vol.47, No.3, pp.415-455, 2007.
- 3) Waddell, P.: UrbanSim: Modeling Urban Development for Land Use, Transportation and Environmental Planning, *Journal of the American Planning Association*, Vol.68, No.3, pp.297-314, 2002.
- 4) Ueda, T., Hiratani, K. and Tsutsumi, M.: Landuse Model based on General Equilibrium of Land and Building Markets, *Proceedings of International Conference on Land Problem and Urban Policy*, pp.183-198, 1993.
- 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, No.16(1), pp.545-552, 1993.
- 6) 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・論文集, Vol.17, pp.257-266, 2000.
- 7) 千葉県, 株式会社価値総合研究所: 平成19年度 県単道路改良業務委託(東京湾周辺地域の交通・経済等効果の把握)報告書, 2007.
- 8) 山崎清, 上田孝行, 岩上一騎: 開発人口及び誘発・開発交通を考慮した東京湾アクアラインの料金値下げ効果の計測, 高速道路と自動車, 第51巻, 第6号, pp.20-32, 2008.