

# 地方都市を対象とする都市モデルにおける 土地供給関数の精緻化に関する研究

太田 圭祐<sup>1</sup>・佐藤 徹治<sup>2</sup>

<sup>1</sup>学生会員 千葉工業大学大学院創造工学研究科都市環境工学専攻(〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

E-mail: s17b2021ke@s.chibakoudai.jp

<sup>2</sup>正会員 千葉工業大学教授 創造工学研究科都市環境工学専攻(〒275-0016 千葉県習志野市津田沼2-17-1)

E-mail: tetsuji.sato@it-chiba.ac.jp

応用都市経済モデルなど土地市場での立地均衡を仮定した都市モデルでは、不在地主の合理的行動から導出された、各地域の土地供給量が地代と供給可能面積の関数として表現される土地供給関数が用いられている。本研究では、富山県富山市を対象として、住宅地の土地供給に関わる実態データを収集し、一般的な土地供給関数がどの程度実態に合致しているかを検証した。その上で、想定される土地供給の要因を踏まえたより実態を精緻に表現できる土地供給関数を検討した。その結果、土地供給割合（供給面積／供給可能面積）に対して、用途地域や最寄り駅までの近接性などが地価に加えて影響を及ぼしていることが分かった。

**Key Words :** land supply, CUE model, location equilibrium model

## 1. はじめに

都市モデルは、ある都市（あるいは都市圏）を対象として、将来の人口分布や企業分布、すなわち土地利用を推計可能なモデルである。多くのモデルでは、土地利用と交通の相互作用が考慮されている。都市モデルにより、都市・交通に関わる施策の有無別の土地利用を推計し、施策の実施の可否等の施策評価を行うことができる。このため、宮本ら(2006)<sup>1</sup>が指摘しているように、1980年代以降、世界各国で様々な実用的な都市モデルが開発され、実際の施策評価に用いられてきた。

応用都市経済モデル（Computable Urban Economic Model：以下、CUEモデル）は、従来の都市モデルに世帯、企業および不在地主の合理的行動、土地市場における需給均衡等のミクロ経済学的基礎を導入し、施策の便益評価と理論的な整合性を図ったものである。上田ら(2009)<sup>2</sup>はその特徴と発展経緯をまとめている。また、堤ら(2012)<sup>3</sup>は、CUEモデルの理論上・実務上の課題を整理した上で、課題解決のための展望を示している。

一般的なCUEモデルでは、土地の需要と供給は、立地者（家計・企業、不在地主）の合理的行動から導出される。その結果、住宅地の需要量は、各地域の所得、地代、トリップ費用および都市全体の立地総世帯数により決定される。また供給量は、各地域の地代と供給可能面

積のみに依存するものとなる。しかし、実際には、各地域の住宅地の需要、供給はともに、これら以外の多様な要因が影響して決定されていると考えられる。

住宅地の需要の実態を踏まえ、関連する関数の精緻化を図った既往研究としては、小池ら(2016)<sup>4</sup>、竹間ら(2017)<sup>5</sup>、佐藤ら(2021)<sup>6</sup>などが挙げられる。小池らは、立地選択確率を表現するロジットモデルにおける調整項および分散パラメータを経年変化に応じて推定することにより、長期的な将来予測の精度向上を図ることができる可能性を示した。竹間ら、佐藤らは、ロジットモデルにおける部分効用関数の説明変数として、各種施設への近接性や災害リスク等の各地域の環境要因を導入することで、立地選択確率算定式の精緻化を図っている。

しかし、住宅地の供給の実態を踏まえて土地供給関数の精緻化を図った研究は見当たらない。そこで本研究では、富山県富山市を対象として、まず住宅地の土地供給に関わる実態データを収集し、一般的な土地供給関数がどの程度実態に合致しているかを検証する。さらに、想定される土地供給の要因を踏まえた土地供給関数を複数検討し、富山市の町丁目単位の実態データを用いて各関数を推定・比較することにより、説明力の高い土地供給関数を検討する。

## 2. 既往研究における住宅地供給の考え方

### (1) 応用都市経済モデル

CUEモデルにおける土地（住宅地）の供給は、山崎ら(2010)<sup>7)</sup>に示されているように、家計に住宅地を供給する不在地主の利潤最大化行動から導かれる。利潤最大化行動を(1-a)、(1-b)式、導出された住宅地の供給関数を(2)式に示す。

$$\Pi_i = \max_{S_i} [r_i S_i - C(S_i)] \quad (1-a)$$

$$\text{s.t. } C(S_i) = -\sigma_i \bar{S}_i \ln \left( 1 - \frac{S_i}{\bar{S}_i} \right) \quad (1-b)$$

$$S_i = \left( 1 - \frac{\sigma_i}{r_i} \right) \bar{S}_i \quad (2)$$

ここで、 $i$ は地域（ゾーン）、 $\Pi$ は不在地主の住宅地供給に関わる利潤、 $r$ は地代、 $S$ は住宅地供給面積、 $C$ は住宅地供給に関わる費用、 $\bar{S}$ は供給可能面積を表す。 $\sigma$ はパラメータである。

(2)式は、各地域の住宅地供給面積は地代と供給可能面積のみに依存すること、地代が上昇すると不在地主は供給面積を増加させることを表している。

### (2) その他の都市モデル

CUEモデル以外の都市モデルとして、土地利用マイクロシミュレーションモデル（MSM）がある。土地利用 MSM では、通常、地価関数により地価を設定し、地価に応じて各属性の世帯が住宅地を需要することを仮定している。すなわち、住宅地市場における需給均衡や供給行動は明示的には考慮されていない。

ただし、鈴木ら(2011)<sup>8)</sup>は、マッチング理論を応用し、世帯と住宅地供給者の交渉により価格を決定することを仮定した土地利用 MSM を構築している。(3-a)、(3-b)式のとおり、需要が超過した場合、住宅供給者は応募した世帯に対して順位付けを行い世帯を絞るという取引行動（価格交渉）を表現している。

$$r_{km}^* = r(X_k^K, X_m^M, V_k^*) \quad (3-a)$$

$$r_{km}^* = \frac{V^* - V_{km} - \varepsilon_{km}}{\beta_m} + r'_m \quad (3-b)$$

ここで、 $k$ は世帯、 $m$ は住宅、 $X^K$ は世帯の集合、 $X^M$ は住宅の集合、 $r^*$ は取引価格、 $V^*$ は世帯の間接効用の期待値、 $V$ は間接効用の確定項、 $\beta$ は住宅価格のパラメー

タ、 $\varepsilon$ は効用関数の確率項、 $r'$ は住宅価格を表す。

### (3) 住宅地市場の実態に関する研究

都市モデルを構築せずに、住宅地市場の実態を分析した研究として、西山(2013)<sup>9)</sup>がある。この研究では、宇都宮市を対象に、住宅地開発や土地・住宅分譲の動向を把握し、住宅市場の方向性を指摘した。近年では、市街化調整区域や中心市街地での開発は少ないものの、土地区画整理事業に起因した市街化区域と調整区域の境界付近での開発が多く行われていることが示されている。また、住宅供給には、地価の安さ、生活利用施設や道路交通のアクセシビリティが影響を与えていると指摘している。

しかし、この研究では、定量的な分析は行われておらず、住宅地供給の具体的な定式化も行われていない。

## 3. 富山市における従来型供給関数の検証

### (1) 検証方法

富山県富山市を対象として、CUEモデルの住宅地供給関数(2)式について、実態データを用いて検証を行う。

(2)式の両辺を供給可能面積 $\bar{S}$ で除すと(4)式となる。

$$\frac{S_i}{\bar{S}_i} = f \left( \frac{1}{r_i} \right) \quad (4)$$

ここでは、(4)式を一次関数で表現した(4-a)式、地代 $r$ を用いて他の関数で表現した(4-b)、(4-c)、(4-d)式を検証する。

$$\frac{S_i}{\bar{S}_i} = \alpha + \beta \cdot \frac{1}{r_i} \quad (4-a)$$

$$\frac{S_i}{\bar{S}_i} = \alpha + \beta \cdot r_i \quad (4-b)$$

$$\frac{S_i}{\bar{S}_i} = \alpha + \beta \cdot \ln(r_i) \quad (4-c)$$

$$\frac{S_i}{\bar{S}_i} = \alpha + \beta \cdot \sqrt{r_i} \quad (4-d)$$

検証は、富山市の地域単位での住宅地の供給面積および供給可能面積、地代の実態データ、最小自乗法（OLS : Ordinary Least Squares）を用いた回帰分析により行う。なお、地代については、実態データが存在しないため、理論上は地代を利率で除したものに等しくなる地価を代理変数として用いる。

供給面積および地価の実態データとしては、不動産取

引価格情報検索<sup>10)</sup>における 2015 年～2019 年の取引データを用いる。なお、同取引データには、住宅のみ取引、住宅と土地取引、土地のみ取引の 3 つが存在する。住宅と土地取引の価格には、内装等の住宅の価格も含まれる。そのため、ここでは土地取引のみのデータを用いる。

分析の単位地域は、小地域(町丁目)とする。これは取引データに記載されている地域が町丁目単位であるためである。小地域単位での地価は、各小地域において、取引価格を取引が行われた面積で加重平均して算出する。

供給可能面積は、市街化調整区域での開発許可比率を考慮し、(5)式より算出する。

$$\bar{S}_u = (S_{田} + S_{農用地} + S_{荒地}) * k_u + S_{建物} \quad (5)$$

ここで、 $S$  は下添字の土地利用の面積、 $u$  は市街化区域、市街化調整区域または都市計画区域外、 $k$  は開発許可比率である。 $k$  は市街化区域または都市計画区域外で 1.000、市街化調整区域では 0.037 とする。

## (2) 検証結果

回帰分析による(4-a)～(4-d)式の推定結果を表-1 に示す。いずれの式でも、符号条件を満たしており、説明変数は有意に推定されている。ただし、決定係数は、 $\ln(r)$ を説明変数とした(4-c)式がもっとも大きい、0.047 にとどまっている。従来型の供給関数である(4-a)式の決定係数は 0.038 であり、極めて小さい。

また、土地供給割合の実績値と(4-a)～(4-d)式による推計値の比較を図-1 に示す。いずれの式による推計値も実績値と大きく乖離していることが見て取れる。

以上の検証結果より、住宅地の供給可能面積に対する供給割合は、地価以外の他の要因に大きく左右されていることが示唆される。

表-1 (4-a)～(4-d)式の推定結果

式	変数	パラメータ	t値	R <sup>2</sup>	AIC
(4-a)	1/r	-2.5×10 <sup>-3</sup>	-3.38 **	0.038	-2935.55
	定数項	7.0×10 <sup>-3</sup>	13.12 **		
(4-b)	r	5.9×10 <sup>-8</sup>	3.14 **	0.033	-2934.07
	定数項	3.7×10 <sup>-3</sup>	5.01 **		
(4-c)	ln(r)	2.1×10 <sup>-3</sup>	3.80 **	0.047	-2938.51
	定数項	-1.6×10 <sup>-2</sup>	-2.77 **		
(4-d)	√r	2.5×10 <sup>-5</sup>	3.56 **	0.042	-2936.81
	定数項	1.4×10 <sup>-3</sup>	1.12		

有意水準：\*\*<0.01, \*<0.05, †<0.10

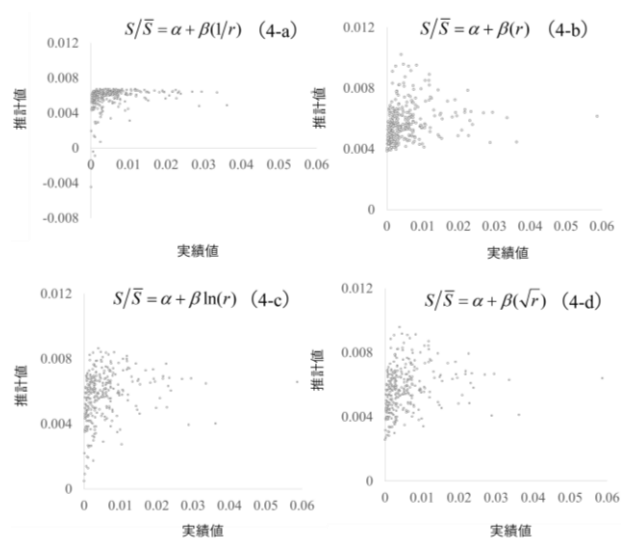


図-1 土地供給割合の実績値と(4-a)～(4-d)式による推計値の比較

## 4. 土地供給関数の改良

### (1) 目的変数

従来型供給関数では、前述のとおり、目的変数は住宅地の供給可能面積に対する供給面積の割合となっている。富山市における小地域単位での供給面積割合の実績値のヒストグラムを図-2 に示す。この図より、供給面積割合の実績値は、正規分布に従っていないことが確認できる。

このため、土地供給関数の目的変数として、供給面積割合に加え、供給面積割合の対数変換： $\ln$ (供給面積割合)を検討する。図-3 に示されるように、 $\ln$ (供給面積割合)の実績値は、ある程度正規分布に従っている。

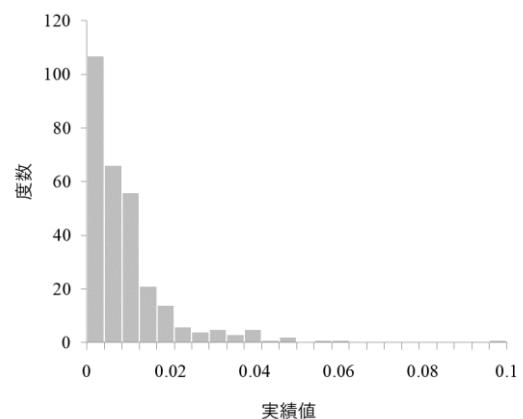


図-2 供給面積割合の実績値のヒストグラム

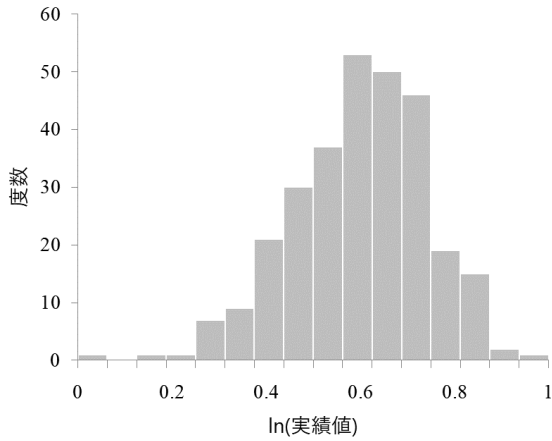


図-3 ln(供給面積割合)の実績値のヒストグラム

(2) 定式化

住宅地の土地供給割合には、地価に加えて他の要因も関係するとの仮説を立て、前節での検討結果に基づき目的変数を供給面積割合または ln(供給面積割合)として、定式化を行う。

検討した住宅地の土地供給関数を(6-a)~(6-h)式に示す。

$$\frac{S_i}{S_i} = \alpha + \beta \cdot \frac{1}{r_i} + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-a)$$

$$\frac{S_i}{S_i} = \alpha + \beta \cdot r_i + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-b)$$

$$\frac{S_i}{S_i} = \alpha + \beta \cdot \ln(r_i) + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-c)$$

$$\frac{S_i}{S_i} = \alpha + \beta \cdot \sqrt{r_i} + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-d)$$

$$\ln\left(\frac{S_i}{S_i}\right) = \alpha + \beta \cdot \frac{1}{r_i} + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-e)$$

$$\ln\left(\frac{S_i}{S_i}\right) = \alpha + \beta \cdot r_i + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-f)$$

$$\ln\left(\frac{S_i}{S_i}\right) = \alpha + \beta \cdot \ln(r_i) + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-g)$$

$$\ln\left(\frac{S_i}{S_i}\right) = \alpha + \beta \cdot \sqrt{r_i} + \gamma \mathbf{x}_i^T \quad (6-h)$$

ここで、 $\gamma$  はパラメータベクトル、 $\mathbf{x}^T$  は地価以外の各種要因の転置ベクトルである。

5. 富山市における改良関数の推定と比較

(1) 各種要因

西山(2013)<sup>9)</sup>を参考に、各種要因を選定した。今回使用した地価以外の説明変数とその定義を表-2に示す。

富山市の市域は平成 17 年の市町村合併により拡大したが、旧富山市とそれ以外では土地供給の傾向が異なると考え、旧富山市ダミーを変数に設定した。

敷地面積には用途地域の規制が影響すること、市街化調整区域では敷地面積が大きくなる傾向を鑑み、5 つに分類した用途地域の面積割合、市街化調整区域の面積割合を説明変数に設定し、都市計画上の土地利用規制を考慮した。なお、富山市には、準住居等の用途地域も含まれるが、指定面積が小さいこと、取引データに含まれていないことから、説明変数として考慮していない。

地方都市の住宅広告には、小中学校や生活利便施設までの距離が掲載されており、これらの施設への近接性が住宅供給に影響を与えていると考えられる。そこで、鉄道駅、バス停、小学校、町医者、食品スーパーまでの道路距離を変数に設定した。

富山市を含め、多くの地方都市では、浸水想定区域と土砂災害警戒区域を設定している。これらは土地供給行動に影響を与えていると考え、浸水想定区域（浸水深別）と土砂災害警戒区域の面積割合を説明変数に設定した。

この他、富山駅までの道路距離、地域間の道路近接性指標（ACC）、人口密度も説明変数として設定した。

表-2 地価以外の説明変数一覧

説明変数	本研究の定義
旧富山市ダミー	取引地域が旧富山市に該当すれば「1」、それ以外を「0」
低層系割合	(一低専 + 二低専) / 小地域
中高層系割合	(一中高 + 二中高) / 小地域
商業系割合	(商業 + 近商) / 小地域
準工業割合	(準工) / 小地域
工業系割合	(工業 + 工専) / 小地域
市街化調整区域割合	(市街化調整区域) / 小地域
最寄り各種施設までの道路距離	4次メッシュの重心から駅・小学校・町医者・バス停・食品スーパーまでの道路距離の加重平均値 [m]
0.5m未満割合	(浸水想定区域：0.5m未満) / 小地域
0.5m以上割合	(浸水想定区域：0.5m以上) / 小地域
3.0m以上割合	(浸水想定区域：3.0m以上) / 小地域
5.0m以上割合	(浸水想定区域：5.0m以上) / 小地域
土砂災害警戒区域割合	(土砂災害警戒区域) / 小地域
富山駅までの道路距離	4次メッシュの重心から富山駅までの道路距離の加重平均値 [m]
ACC	各4次メッシュの重心間の道路距離の人口の加重平均値 [m]
人口密度	総人口/小地域 [人/km <sup>2</sup> ]

表-3 使用データ

項目	統計データ	出典	年度	備考
人口	国勢調査	【e-Stat】政府統計の総合窓口(総務省)	2015	
面積	国勢調査	【e-Stat】政府統計の総合窓口(総務省)	2015	
供給可能面積	土地利用細分メッシュ	国土数値情報(国土交通省)	2009	第4次メッシュに集計、小地域に按分する。
許可比率	土地利用細分メッシュ		2009, 2014	
地価	不動産取引価格情報検索	土地総合情報システム(国土交通省)	2015~2019	2015年第1四半期~2019年第4四半期まで
供給面積	不動産取引価格情報検索	土地総合情報システム(国土交通省)	2015~2019	2015年第1四半期~2019年第4四半期まで
鉄道駅	鉄道データ		2013	LRTを含む
小学校	小学校区(ポリゴン)(ポイント)	国土数値情報(国土交通省)	2010	
町医者	医療機関(ポイント)		2010	
バス停	バス停留所(ポイント)		2010	
食品スーパー	ゼンリン電子地図帳 Zi15		2015	
土砂災害警戒区域	土砂災害警戒区域(ポリゴン)(ライン)	国土数値情報(国土交通省)	2020	
浸水想定区域	洪水浸水想定区域(ポリゴン)		2019	想定最大規模

表-4 記述統計

変数 (n=293)	平均	標準偏差	最小値	最大値	中央値
$s/\bar{s}$	$5.8 \times 10^{-3}$	$6.8 \times 10^{-3}$	$3.5 \times 10^{-5}$	$5.9 \times 10^{-2}$	$3.3 \times 10^{-3}$
$\ln(s/\bar{s})$	-5.72	1.15	-10.27	-2.84	-5.70
$1/r$	$4.9 \times 10^5$	$5.2 \times 10^5$	$9.1 \times 10^6$	$4.5 \times 10^4$	$3.2 \times 10^5$
r	34095.97	20810.97	2200.00	110000.00	30839.58
$\ln(r)$	10.23	0.71	7.70	11.61	10.34
$\sqrt{r}$	175.90	56.28	46.90	331.66	175.61
富山市ダミー	0.81	0.40	0.00	1.00	1.00
低層系割合	0.08	0.20	0.00	1.00	0.00
中高層系割合	0.09	0.24	0.00	1.00	0.00
商業系割合	0.08	0.21	0.00	1.00	0.00
準工業系割合	0.06	0.18	0.00	1.00	0.00
工業系割合	0.03	0.13	0.00	0.94	0.00
市街化調整区域割合	0.27	0.40	0.00	1.00	0.00
最寄り駅までの道路距離	14793.87	5350.91	4045.18	30994.62	13556.89
$\ln(\text{最寄り駅までの道路距離})$	9.54	0.37	8.31	10.34	9.51
最寄り小学校までの道路距離	1228.61	575.28	208.06	3336.57	1159.36
最寄り町医者までの道路距離	753.38	616.07	53.52	6057.80	607.41
最寄りバス停までの道路距離	486.53	311.95	35.80	1883.25	434.88
最寄り食品スーパーまでの道路距離	1613.42	1314.35	101.58	9395.62	1158.41
0.5m未満割合	0.24	0.24	0.00	0.85	0.17
0.5m以上割合	0.65	0.35	0.00	1.00	0.75
3.0m以上割合	0.21	0.34	0.00	1.00	0.01
5.0m以上割合	0.04	0.15	0.00	1.00	0.00
土砂災害警戒区域割合	$4.8 \times 10^{-3}$	$2.5 \times 10^{-2}$	0.00	$2.4 \times 10^{-1}$	0.00
富山駅までの道路距離	7780.61	4934.99	638.25	28434.79	6832.20
$\ln(\text{富山駅までの道路距離})$	8.74	0.70	6.46	10.26	8.83
ACC	7222.21	2159.36	4968.32	17975.29	6505.14
$\ln(\text{ACC})$	8.85	0.27	8.51	9.80	8.78
人口密度	5003.51	4113.64	142.10	21906.62	4497.70
$\ln(\text{人口密度})$	8.00	1.19	4.96	9.99	8.41

表-5 変数間の相関(一部抜粋)

	(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)	(g)	(h)	(i)	(j)	(k)	(l)	(m)	(n)	(o)	(p)	(q)	(r)	(s)	(t)
(a) $s/\bar{s}$	1.00																			
(b) $\ln(s/\bar{s})$	0.78	1.00																		
(c) $1/r$	-0.19	-0.41	1.00																	
(d) r	0.18	0.34	-0.61	1.00																
(e) $\ln(r)$	0.22	0.41	-0.86	0.91	1.00															
(f) $\sqrt{r}$	0.20	0.38	-0.73	0.98	0.97	1.00														
(g) 富山市ダミー	0.21	0.34	-0.30	0.33	0.36	0.36	1.00													
(h) 低層系割合	0.17	0.13	-0.15	0.08	0.15	0.12	0.12	1.00												
(i) 中高層系割合	0.16	0.21	-0.22	0.50	0.40	0.47	0.18	-0.12	1.00											
(j) 工業系割合	-0.11	-0.14	0.07	-0.09	-0.07	-0.08	0.01	-0.10	-0.10	1.00										
(k) 最寄り駅までの道路距離	-0.24	-0.36	0.27	-0.27	-0.33	-0.31	-0.70	-0.22	-0.10	-0.05	1.00									
(l) $\ln(\text{最寄り駅までの道路距離})$	-0.21	-0.30	0.22	-0.18	-0.25	-0.22	-0.61	-0.22	-0.04	-0.07	0.97	1.00								
(m) 0.5m以上割合	0.19	0.32	-0.34	0.38	0.42	0.41	0.28	0.02	0.26	-0.01	-0.34	-0.28	1.00							
(n) 富山駅までの道路距離	-0.20	-0.35	0.51	-0.68	-0.70	-0.71	-0.66	-0.09	-0.31	0.08	0.53	0.40	-0.53	1.00						
(o) $\ln(\text{富山駅までの道路距離})$	-0.16	-0.31	0.47	-0.74	-0.70	-0.74	-0.54	-0.01	-0.33	0.09	0.41	0.29	-0.48	0.92	1.00					
(p) ACC	-0.22	-0.36	0.51	-0.64	-0.68	-0.59	-0.17	-0.32	0.16	0.53	0.40	-0.48	0.93	0.81	1.00					
(q) $\ln(\text{ACC})$	-0.22	-0.36	0.53	-0.70	-0.72	-0.73	-0.58	-0.17	-0.37	0.16	0.51	0.39	-0.47	0.92	0.84	1.00				
(r) 人口密度	0.20	0.36	-0.40	0.51	0.52	0.53	0.29	0.10	0.30	-0.13	-0.32	-0.24	0.33	-0.50	-0.51	-0.49	-0.53	1.00		
(s) $\ln(\text{人口密度})$	0.28	0.47	-0.51	0.57	0.63	0.61	0.30	0.18	0.29	-0.12	-0.37	-0.27	0.34	-0.57	-0.56	-0.56	-0.59	0.88	1.00	

富山市の小地域における各説明変数のデータは、主にGISを使用して作成した。データ作成のための使用データを表-3に示す。なお、各種施設までの道路距離については、GISで算出した直線距離から森田ら(2011)<sup>11)</sup>を参考に変換を行った。

(2) 推定手順

まず、土地供給面積割合の実績値と(4-a)~(4-d)式による推計値の残差に含まれる他の要因の影響を把握するため、残差を目的変数、表-2の各変数を説明変数とする単回帰分析を行う。なお、単回帰分析で有意となった変数において分布の偏りが大きい変数について対数変換を行った。本研究では、最寄り駅や富山駅までの道路距離、人口密度の3変数について、対数変換して分析を行う。各変数の記述統計を表-4に示す。

その後、改良した土地供給関数(6-a)~(6-h)式の推定を行う。推定における変数選択は、基本的には10%で非有意な変数を除外して推定を繰り返す減少法により行う。ただし、変数に地価が選択されない場合には、表-5の相関(一部抜粋)を参考に、あらかじめ一部変数を除外して再推定を行う。

(3) 単回帰係数の推定結果

土地供給面積割合の実績値と(4-a)~(4-d)式による推計値の残差を目的変数、表-2の各変数を説明変数とする単回帰分析の結果を表-6に示す。

用途地域の面積割合では低層系、中高層系、工業系が有意に推定された。低層系や中高層系については、面積割合が大きいほど供給面積割合が大きいことが分かる。一方、工業系の場合、住宅の立地は少ないことから、面積割合が小さいほど供給面積割合が大きくなっている。

各種最寄り施設までの道路距離については、鉄道駅のみが有意に推定された。鉄道駅までの距離が短いほど供給面積割合が大きくなる。この要因としては、富山市の場合、中心市街地にLRTが走行しており、その影響が考えられる。バス停までの距離については、西山(2013)<sup>9)</sup>が住宅地供給に影響を与えていないと指摘しているが、本研究でもそれを裏付ける結果となった。

表-6 (4-a)~(4-d)式による残差の単回帰分析の結果

式	説明変数	パラメータ	t値	R <sup>2</sup>	単相関	
(4-a)	富山市ダミー	2.7×10 <sup>-3</sup>	2.74 **	0.025	0.159	
	低層系割合	4.6×10 <sup>-3</sup>	2.42 *	0.020	0.140	
	中高層系割合	3.4×10 <sup>-3</sup>	2.09 *	0.015	0.122	
	工業系割合	-5.3×10 <sup>-3</sup>	-1.75 †	0.010	-0.102	
	最寄り駅までの道路距離	-2.4×10 <sup>-7</sup>	-3.33 **	0.037	-0.192	
	0.5m以上割合	2.5×10 <sup>-3</sup>	2.25 *	0.017	0.131	
	富山駅までの道路距離	-1.4×10 <sup>-7</sup>	-1.76 †	0.010	-0.102	
	ACC	-3.8×10 <sup>-7</sup>	-2.12 *	0.015	-0.123	
	人口密度	2.1×10 <sup>-7</sup>	2.21 *	0.016	0.128	
	(4-b)	富山市ダミー	2.6×10 <sup>-3</sup>	2.73 **	0.025	0.158
低層系割合		5.0×10 <sup>-3</sup>	2.65 **	0.024	0.153	
工業系割合		-5.1×10 <sup>-3</sup>	-1.69 †	0.010	-0.098	
最寄り駅までの道路距離		-2.4×10 <sup>-7</sup>	-3.38 **	0.038	-0.195	
0.5m以上割合		2.4×10 <sup>-3</sup>	2.20 *	0.016	0.128	
ACC		-3.3×10 <sup>-7</sup>	-1.81 †	0.011	-0.105	
人口密度		1.8×10 <sup>-7</sup>	1.94 †	0.013	0.113	
(4-c)		富山市ダミー	2.3×10 <sup>-3</sup>	2.39 *	0.019	0.139
		低層系割合	4.4×10 <sup>-3</sup>	2.35 *	0.019	0.136
		工業系割合	-5.1×10 <sup>-3</sup>	-1.70 †	0.010	-0.099
	最寄り駅までの道路距離	-2.1×10 <sup>-7</sup>	-2.98 **	0.030	-0.172	
	0.5m以上割合	2.0×10 <sup>-3</sup>	1.82 †	0.011	0.106	
	富山市ダミー	2.4×10 <sup>-3</sup>	2.51 *	0.021	0.145	
	低層系割合	4.7×10 <sup>-3</sup>	2.49 *	0.021	0.144	
	工業系割合	-5.1×10 <sup>-3</sup>	-1.68 †	0.010	-0.098	
	0.5m以上割合	2.2×10 <sup>-3</sup>	-3.13 †	0.013	0.113	
	最寄り駅までの道路距離	-2.2×10 <sup>-7</sup>	1.95 **	0.033	-0.180	
人口密度	1.6×10 <sup>-7</sup>	1.66 †	0.009	0.097		

有意水準：\*\*<0.01, \*<0.05, †<0.10

災害関連の変数については、浸水深 0.5m 以上の割合が有意に推定された。0.5m以上の割合が大きい地域ほど、供給面積割合が大きくなる。富山市の場合、中心部のほとんどが浸水想定区域となっていることから、このような結果になったと考えられる。

その他、富山駅までの道路距離と ACC、人口密度も有意に推定された。推定結果は、富山駅までの道路距離は富山駅に近いほど、ACC の場合は利便性の高い地域ほど、人口密度の場合は人口が密集する地域ほど、供給者は多くの住宅地を供給すると解釈することができる。

#### (4) 改良関数の推定結果

(6-a)~(6-d)式の推定結果を表-7 に示す。決定係数は、1/r を変数に用いた(6-a)式がもっとも大きく、(4-a)式の 0.038 から 0.092 と 2.4 ポイント上昇している。少なくとも、低層系や中高層系の用途地域、最寄り鉄道駅までの距離が供給行動に影響を及ぼしていることが示唆される。

なお、(6-e)~(6-h)式の推定結果は、発表会当日に示す。

住宅地の土地供給面積割合の実績値と(6-a)式による推計値の散布図を図-4 に示す。散布図より、0.015 付近に集中している実績値と推計値が大きく乖離していること

表-7 (6-a)~(6-d)式の推定結果

式	変数	パラメータ	t値	修正R <sup>2</sup>	AIC
(6-a)	1/r	-1.3×10	-1.66 †		
	低層系割合	4.4×10 <sup>-3</sup>	2.25 *		
	中高層系割合	3.9×10 <sup>-3</sup>	2.40 *	0.092	-2950.65
	最寄り駅までの道路距離	-2.2×10 <sup>-7</sup>	-2.91 **		
	定数項	8.9×10 <sup>-3</sup>	7.27 **		
(6-b)	r	4.6×10 <sup>-8</sup>	2.48 *		
	低層系割合	4.0×10 <sup>-3</sup>	2.05 *	0.071	-2943.95
	ln(最寄り駅までの道路距離)	-2.9×10 <sup>-3</sup>	-2.73 **		
	定数項	3.2×10 <sup>-2</sup>	3.06 **		
	ln(r)	1.3×10 <sup>-3</sup>	2.29 *		
(6-c)	低層系割合	3.2×10 <sup>-3</sup>	1.68 †		
	工業系割合	-5.4×10 <sup>-3</sup>	-1.80 †	0.088	-2949.18
	最寄り駅までの道路距離	-2.3×10 <sup>-7</sup>	-2.95 **		
	定数項	-4.4×10 <sup>-3</sup>	-0.69		
	√r	1.8×10 <sup>-5</sup>	2.54 *		
(6-d)	低層系割合	3.4×10 <sup>-3</sup>	1.77 †		
	工業系割合	-5.4×10 <sup>-3</sup>	-1.80 †	0.088	-2949.18
	ln(最寄り駅までの道路距離)	-3.0×10 <sup>-3</sup>	-2.77 **		
	定数項	3.1×10 <sup>-2</sup>	2.91 **		

有意水準：\*\*<0.01, \*<0.05, †<0.10

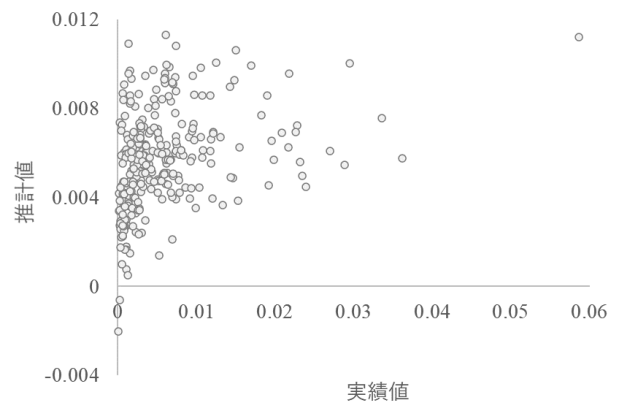


図-4 供給面積割合の実績値と(6-a)式による推計値

が確認できる。このため、0.015 以下を「1」、その他を「0」とするダミー変数 (0.015 ダミー) を変数に加え、再推定を行った。

推定結果を表-8 に示す。ダミー変数を加えることで決定係数が 0.65 に上昇しており、供給面積割合の関数は、0.015 を境に定数項が変化することが分かった。

表-8 ダミーを考慮した(6-a)式の推定結果

	ダミーなし		ダミーあり	
	パラメータ	t値	パラメータ	t値
1/r	-1.3×10	-1.66 †	-9.5×10	-2.00 *
低層系割合	4.4×10 <sup>-3</sup>	2.25 *	2.1×10 <sup>-3</sup>	1.79 †
中高層系割合	3.9×10 <sup>-3</sup>	2.40 *	1.9×10 <sup>-3</sup>	1.86 †
最寄り駅までの道路距離	-2.2×10 <sup>-7</sup>	-2.91 **	-1.4×10 <sup>-7</sup>	-3.09 **
定数項	8.9×10 <sup>-3</sup>	7.27 **	2.6×10 <sup>-2</sup>	-21.62 **
0.015ダミー			-1.9×10 <sup>-2</sup>	23.66 **
修正R <sup>2</sup>	0.092		0.653	
AIC	-2950.65		-3231.80	

有意水準：\*\*<0.01, \*<0.05, †<0.10

## 6. おわりに

本研究では、土地市場における需給均衡を仮定した都市モデルである応用都市経済 (CUE) モデルにおける住宅地の土地供給割合を目的変数とする土地供給関数に着目し、富山県富山市を対象として、住宅地供給の取引データをを用いて、関数の妥当性の検証を行った。さらに、地価以外の考え得る様々な要因、目的変数や地価の対数変換等を検討し、土地供給関数の改良を試みた。

その結果、従来の関数の決定係数は 0.038 と極めて小さいこと、住宅地の土地供給割合には、地価に加えて、低層系、中高層系、工業系の用途地域の面積割合、最寄り鉄道駅までの距離、想定最大浸水深 0.5m 以上の面積割合が有意に影響を及ぼしていることが示された。また、これらに加えて、土地供給割合 0.015 以下とそれ以外で定数項を変更するダミー変数を導入することで、決定係数が 0.65 と比較的説明力の高い土地供給関数を得ることができた。

より説明力の高い土地供給関数を構築することは今後の課題である。本研究では、土地供給割合に明らかに影響を与えていると考えられる土砂災害警戒区域割合が有意に推定されなかった。ダミー変数との組み合わせ等により説明変数に加えることができる可能性を検討する必要がある。また本研究では、栃木県宇都宮市を対象として住宅地開発や住宅分譲等の動向を把握した既往研究を参考に、地価以外の説明要因を検討した。不動産業者等を対象とするアンケートやヒアリングによって地域毎の要因を把握し、説明変数に加えることで、説明力を向上させることができる可能性がある。

人口規模の異なる富山市以外の都市における実態データに基づく土地供給関数の検討と関数構築・推定手法の確立、改良した土地供給関数の CUE モデル等の都市モデルへの実装も今後の課題としたい。

### 参考文献

- 1) 宮本和明・Varameth VICHENSAN・杉木直・北詰恵一：先進諸国における都市モデルの適用状況—土地利用モデルを中心として—, 土木計画学研究・講演

集, No.33, 308, 2006.

- 2) 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—, 計画・交通研究会, ワーキングペーパーシリーズ, WP09-04, 2009.
- 3) 堤盛人・山崎清・小池淳司・瀬谷創：応用都市経済モデルの課題と展望, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.68, No.4, pp.344-357, 2012.
- 4) 小池淳司・友國純志・山本浩道：応用都市経済モデルにおける立地選択モデルの事後評価と発展方向, 土木学会論文集 D3 (土木計画学), Vol.72, No.5, pp. I\_695-I\_705, 2016.
- 5) 竹間美夏・佐藤徹治：立地適正化計画に基づく居住誘導施策検討のための都市内人口分布推計手法の開発—愛知県豊橋市を対象として—, 都市計画論文集, Vol.52, No.3, pp.1124-1129, 2017.
- 6) 佐藤徹治・半田惇矢：人口減少都市における公共施設の統廃合とその最適時期の評価手法, 都市計画論文集, Vol.56, No.3, pp.1275-1281, 2021.
- 7) 山崎清・武藤慎一：CUE モデルの理論と応用, Excel で学ぶ地域・都市経済分析, 第 5 章, コロナ社, 2010.
- 8) 鈴木温・岩瀬拓史・北詰恵一・宮本和明：マイクロシミュレーション型住宅市場モデルの推定と発展可能性, 土木計画学研究・講演集, 44 巻 (CD-Rom), 2011.
- 9) 西山弘泰：住宅地開発の動向と住宅市場の方向性に関する研究, 市政研究研究うつのみや, No.9, pp.64-73, 2013.
- 10) 国土交通省：土地総合情報システム, 国土交通省ホームページ (<https://www.land.mlit.go.jp/webland/>) (2022年2月14日最終閲覧) .
- 11) 森田匡俊・鈴木克哉・奥貫圭一：日本の主要都市における直線距離と道路距離との比に関する実証研究, GIS-理論と応用, Vol22, No.3, pp.1-7, 2014.

(Received March 6, 2022)