

住宅タイプの競合および床供給要因を考慮した立地均衡モデルの開発

The location equilibrium model considering competitive relationship among housing types and various factors of floor supply behavior

佐藤徹治研究室 21R2003 太田 圭祐

1. はじめに

立地均衡モデルは、各種都市施策が都市内の人口分布・土地利用に与える影響を定量的に分析する手法である。このモデルは、経済主体（家計・地主・企業）の行動原理、市場均衡等を考慮したマイクロ経済学的基礎に立脚し、便益と理論的に整合した推計を行うことができる。このため、都市政策評価の実務でも数多くの適用事例がある。また、実用性の向上という観点からモデル自体を改良した研究も多い。

立地均衡モデルの需要者（家計）の行動を拡張した近年の研究として、今井ら（2016）¹⁾、竹間ら（2017）²⁾がある。これらの研究では、家計の部分効用に地代以外の住環境要因を考慮して、住宅タイプ（戸建て・集合住宅）別の転居先地域選択行動を反映した人口分布推計モデルを構築した。しかし、これらのモデルでは、各住宅タイプで市場が分断されており、供給者（地主）の住宅タイプの選択行動（住宅タイプ間の競合）や、地代・賃料以外の住環境要因が供給行動に及ぼす影響が考慮されていない。

また、立地均衡モデルの供給者（地主等）の行動を改良した近年の研究として、堤ら（2011）³⁾がある。この研究では地主に加え、土地開発者による建物床供給行動を考慮した立地均衡モデル（応用都市経済モデル）を構築し、アクアラインの料金値下げが都市構造に及ぼす影響を分析している。しかし、このモデルでは、供給者による住宅タイプの選択行動が考慮されておらず、需要者や供給者行動のいずれについても住環境要因が考慮されていない。

そこで、本研究では、供給者の住宅タイプの選択行動を明示的に取り扱い、地代・賃料以外の住環境要因が供給に及ぼす影響を考慮した立地均衡モデルを提案する。さらに、富山県富山市を対象として、供給者の住宅タイプの選択行動を考慮した実証モデル、供給者の住宅タイプの選択行動に加えて地代・賃料以外の住環境要因が供給行動に及ぼす影響を考慮した実証モデルを構築し、構築した2つのモデルにより、2020年の人口分布の現況再現性の確認、一部地域における容積率緩和有無別の2045年までの人口分布推計を行う。

2 理論モデル

2.1 概要

既往研究¹⁾のモデルでは、供給者による各住宅タイプの土地・床をどの程度供給するかの判断、即ち供給者による住宅タイプ選択行動が考慮されていない。これは、住宅タイプ毎に価格変数（地代・賃料等）が異なることから、供給可能面積を予め各住宅タイプの現状の面積比率で分割し、住宅タイプ毎にそれぞれの価格変数の調整を通じた均衡を仮定しているためである。実際には、供給者側は様々な住宅タイプの需要を視野に入れて供給量を変更していることが想定される。

また、既往研究¹⁾のモデルでは、供給者は地代・賃料のみを考慮して供給量を決定すると仮定しているが、実際には地代・賃料に加え、住環境要因を考慮した需要の嗜好に合わせた行動を取ると考えられる。

以上を踏まえ、本研究のモデルでは需給の対象を「延床面積」、価格変数を「床1㎡あたり賃料」（以下、「床賃料」と呼ぶ）として市場を統合し、供給者の住宅タイプの選択行動を表現する。需要者側では、各住宅タイプの需要量を合計して各住宅タイプの転居先地域選択確率が同時に調整される構造とする。また供給側では、床賃料を介して供給量が調整され各住宅タイプの需要を吟味して供給する構造とする。

さらに、床賃料に加え、住環境要因を考慮した住宅タイプ別の床供給関数を用いたモデルを別途構築する。このモデルの供給側では、床賃料を介して供給量が調整され各住宅タイプの需要を吟味するとともに、住環境要因を考慮して供給量を決定する構造とする。

2.2 供給者の住宅タイプ選択行動を考慮したモデル

(1) 家計の転居先地域選択行動

家計は常に合理的行動の結果として、居住先を選択するとは限らない。そこで、確率的な転居先地域選択を想定する。転居先地域の部分効用は転居先地域選択要因と測定不能要因の2つで構成されるものと考え、次式で表す。

$$U_{i,h} = V_{i,h} + \tau_{i,h} \quad (1)$$

$$V_{i,h} = \mathbf{f}(r_i, \mathbf{Z}_{i,h}) \quad (2)$$

ただし、 i ：ゾーンを表す添え字、 h ：住宅タイプを表す添え字、 U ：効用水準、 V ：部分効用関数（転居先地域選択要因）、 τ ：地域固有指標（測定不能要因）、 r ：床賃料、 \mathbf{Z} ：床賃料以外の各種要因ベクトル

(1)式の測定不能要因がガンベル分布に従う場合、選択確率が次式で導出される。

$$P_{i,h} = \frac{\exp(\theta U_{i,h})}{\sum_i \exp(\theta U_{i,h})} \quad (3)$$

ただし、 P ：転居先地域選択確率、 θ ：立地ロジットパラメータ（本研究では「1」とする）

(2) 家計の住宅床需要行動

対象地域の全ての家計が転居先の変更を行うとは限らない。そこで、転居意思ありの家計を立地配分の対象とする。各地域への転入家計数は、転居意思ありの総家計数に転居先地域選択確率を乗じることで次式により表す。

$$NH_{i,h} = NT_h \cdot P_{i,h} \quad (4)$$

また、家計の床需要量は、転入家計数に1家計当たりの床需要量を乗じて次式で表す。

$$D_{i,h} = NH_{i,h} \cdot l_{i,h} \quad (5)$$

ただし、 NH : 転入家計数、 NT : 転居意思あり総家計数、 D : 住宅床需要量、 l : 1家計の当たりの床需要量

(3) 地主の住宅床供給行動

地主は、家計から得られる床賃料を見定めて供給量を決定する。床賃料が高いほど供給を増やし、低いほど供給量を減らす構造となる。ここで、各住宅タイプの価格変数を床賃料に統一することで、供給者（地主）の住宅タイプの選択行動を考慮することができる。

$$S_i = \left(1 - \frac{\sigma_i}{r_i}\right) \bar{S}_i \quad (6)$$

ただし、 S : 住宅床供給量、 σ : パラメータ、 \bar{S} : 供給可能面積

(4) 均衡条件

各ゾーンの均衡状態（市場均衡）は(7)式で表される。この時、家計は転居先地域選択確率がこれ以上変更できない最大の効用状態となり、地主は最大の利潤状態となる。

$$\sum_h D_{i,h}(r_i) = S_i(r_i) \quad (7)$$

2.3 住環境要因が供給に及ぼす影響を考慮したモデル

(1) 家計の転居先地域選択行動及び住宅床需要行動

家計の転居先地域選択行動および住宅床需要行動については、供給者の住宅タイプ選択行動のみを考慮したモデルと同様の(1)~(5)式を用いる。

(2) 地主の住宅床供給行動

供給者の住宅タイプ選択行動に加え、床賃料以外の住環境要因が供給に及ぼす影響を考慮したモデルでは、床供給量は(8)式で表される。

(8)式は、地主は床賃料に加えて住宅タイプ毎の住環境要因を考慮して供給量を決定すること、床賃料が高く住環境が良好な地域ほど、供給量を増やすことを表している。

$$S_{i,h} = (\alpha_h + \beta_h r_i + \gamma_h \mathbf{x}_{i,h}^T) \bar{S}_i \quad (8)$$

ただし、 α : 定数項、 β : 床賃料のパラメータ、 γ : 床賃料以外のパラメータベクトル、 \mathbf{x}^T : 床賃料以外の各種要因ベクトル

(3) 均衡条件

均衡条件は(9)式で表される。

$$\sum_h D_{i,h}(r_i) = \sum_h S_{i,h}(r_i) \quad (9)$$

3. 富山県富山市を対象とする実証モデル

3.1 概要

本研究では、富山県富山市を対象に、既往研究¹⁾をベースとして2つの実証モデルを構築する。ここで、供給者の住宅タイプの選択行動を考慮した実証モデルを改良モデルA、供給者の住宅タ

イプの選択行動に加えて床賃料以外の住環境要因が供給行動に及ぼす影響を考慮した実証モデルを改良モデルBと呼ぶ。

対象圏域は、富山市内の市街化区域とする。また、単位地域は2分の1地域メッシュ（4次メッシュ）に区画されたゾーンとし、家計数と供給可能面積が0でない計268ゾーンを分析対象とする。

3.2 部分効用関数の説明変数とパラメータ推定

部分効用関数の説明変数は、既往研究¹⁾と同様、「地価・家賃の低廉さ」、「食品スーパーまでの近さ」、「鉄道駅までの近さ」、「小学校までの近さ」、「水害リスクの小ささ」、「町医者・クリニックまでの近さ」とした。住宅タイプの種類は、戸建て住宅（持ち家）と集合住宅（賃貸）の2種類とし、集合住宅の場合は、面積別（30㎡、50㎡、70㎡、90㎡）に4つに分類した。

部分効用関数のパラメータ推定についても既往研究¹⁾と同様、栗山⁴⁾を参考に、選定した重要視項目をL12(3)型の直交表に割付け、選択型コンジョイント法により行った。ただし、「地価・家賃の低廉さ」に対応する価格変数については、床賃料に換算した上で推定を行った。推定結果を表-1、表-2に示す。なお、集合住宅（賃貸90㎡）については、有意な推定結果を得ることができなかった。このため、4.の時系列推計では集合住宅（賃貸90㎡）のパラメータは集合住宅（賃貸70㎡）のものを使用する。

表-1 部分効用関数の推定結果（戸建て住宅）

変数	係数	t値
ln(床賃料)	-0.683	-5.763 ***
所要時間	ln(食品スーパー)	-0.524 -7.164 ***
	ln(鉄道駅)	-0.786 -9.986 ***
	ln(小学校)	-0.709 -9.088 ***
ln(浸水リスク)	5.194	14.634 ***
対数尤度	-1335.064	
N	1516	

有意水準 (*: 10%、**: 5%、***: 1%)

表-2 部分効用関数の推定結果（集合住宅：90㎡は除く）

変数	30㎡		50㎡		70㎡	
	係数	t値	係数	t値	係数	t値
ln(床賃料)	-6.019	-5.668 ***	-6.701	-5.669 ***	-4.348	-2.731 ***
所要時間	ln(食品スーパー)	-0.333 -1.687 *	-0.869	-3.921 ***	-1.190	-3.976 ***
	ln(鉄道駅)	-0.527 -2.373 **	-0.488	-1.613 *	-0.869	-2.163 **
	ln(町医者)	-0.570 -2.037 **	-0.734	-3.153 ***	-0.783	-2.419 **
ln(浸水リスク)	5.459	4.474 ***	10.352	6.077 ***	5.386	2.906 ***
対数尤度	-166.601		-166.263		-80.718	
N	200		188		96	

有意水準 (*: 10%、**: 5%、***: 1%)

3.3 床供給要因の設定

既往研究を参考に、家計が立地場所に求めるものは「住みやすさ」として床供給要因を設定した。主に「交通利便性」「自然環境・衛生面の住環境」「自然災害・防災面の住環境」に分類して選定した。また、2015年から2020年の間に宅地化されていない状態から新たに宅地化された区画の面積比率を「宅地化比率」と定義して設定した。なお、実証的な政策シミュレーションを想定してポリゴンデータでの収集が可能な場合は、メッシュに占める比率を採用した。採用した床供給要因を表-3に示す。

3.4 床供給関数のパラメータ推定

(8)式の両辺を供給可能面積 \bar{S} で除したものを戸建て住宅、集

合住宅別に推定する。対象地域は、富山市における市街化区域のうち住居系用途に指定されている地域とする。また、単位地域は2分の1地域メッシュ（4次メッシュ）に区画された計187ゾーンとする。

表-3 床供給要因の一覧

変数	住環境要因
X1	最寄り鉄道駅までの距離
X2	最寄りバス停までの距離
X3	最寄り小学校までの距離
X4	最寄り大型ショッピングモールまでの距離
X5	最寄り郊外型商業集積地までの距離
X6	最寄り病院までの距離
X7	最寄り市役所（本庁・支庁）までの距離
X8	最寄り主要街路までの距離
X9	主要街路ダミー（主要街路があれば1 それ以外を0）
X10	富山駅までの距離
X11	公園の緑地比率
X12	住居系用途指定比率
X13	都市ガスダミー（都市ガスがあれば1 それ以外を0）
X14	浸水想定区域指定比率（想定最大浸水深：0.5m未満）
X15	浸水想定区域指定比率（想定最大浸水深：0.5m以上）
X16	浸水想定区域指定比率（想定最大浸水深：3.0m以上）
X17	浸水想定区域指定比率（想定最大浸水深：5.0m以上）
X18	土砂災害警戒区域指定比率（イエローゾーン）
X19	土砂災害警戒区域指定比率（レッドゾーン）
X20	農業振興地域指定比率
X21	農用地区域指定比率
X22	宅地化比率

供給面積は、2種類の住宅タイプを想定した住宅床供給量とする。住宅床供給量は、初年度（2015年）の家計数のデータを収集し、住宅タイプ毎の住宅数に換算した上で、1住宅当たりの延床面積を乗じて住宅タイプ毎に算出する。

供給可能面積は、住宅用地と田・畑を考え、各都市計画区域で指定される容積率等を用いて床面積に変換する。この時、市街化調整区域における住宅の開発制限を考慮して住宅建築許可比率を別途設定する。なお、遊休地（駐車場等）も供給可能面積の一部となるが、富山市では当該地域が限定的と考え、本研究では考慮しない。

推定は最小二乗法による重回帰分析で行う。変数の選択方法は減少法を採用し、有意水準を90%の信頼区間（両側10%）とする。パラメータの推定結果を表-4に示す。

表-4 床供給関数のパラメータの推定結果
（左：戸建て住宅、右：集合住宅）

変数	係数	t値	変数	係数	t値
床賃料	5.223E-06	2.614 ***	床賃料	3.095E-05	5.893 ***
X3	-6.182E-05	-1.668 **	X5	-1.512E-05	-2.250 **
X5	-3.248E-05	-2.503 ***	X7	-4.787E-05	-3.866 ***
X11	0.644	1.978 **	X8	-1.554E-04	-3.236 ***
定数項	0.567	7.717 ***	X11	0.601	1.943 **
R ²	0.087		定数項	0.150	1.576 *
			R ²	0.381	

有意水準（*：10%、**：5%、***：1%）

推定の結果、集合住宅は、市役所（本庁・支庁）に近いほど供給量が多い実情が明らかになった。

また、戸建て住宅、集合住宅ともに郊外型商業集積地付近での活発な住宅地開発が明らかになった。地方都市の場合、自家用車による郊外型商業集積地の日常利用が主流であり、広幅員で運転

のしやすい道路環境が好まれることが要因と考えられる。

3.5 その他のパラメータ

(1)式の τ 、改良モデルAの場合の(6)式の σ を設定するため、すべての単位地域における各変数の初期時点（2015年）の基礎データを収集する必要がある。

基礎データのうち床賃料については、住宅情報サイトにおける平均提示価格を用いて算出する。戸建ての場合は、建売住宅と土地の平均売値比率を地代に乗じることで算出する。集合住宅の場合は、平均床賃料と平均地代の比率を地代に乗じて算出する。地代は、地価公示データ（2015年）を用いて最小二乗法により地価関数を推定し、推定地価に利子率（0.04と仮定）を乗じることで算出する。なお、地域特性の違いを考慮して、住居系と商業系に分けて推定する。地価推定結果を表-5、表-6に示す。

表-5 地価関数の推定結果（住居系用途）

変数	係数	t値
ln(富山駅までの距離)	-0.422	-7.302 ***
ln(容積率)	0.139	1.649 **
市街化ダミー	0.271	1.622 **
定数項	13.286	16.089 ***
R ²	0.700	

有意水準（*：10%、**：5%、***：1%）

表-6 地価関数の推定結果（商業系用途）

変数	係数	t値
ln(最寄り駅までの距離)	-0.200	-1.753 ***
ln(容積率)	0.661	3.029 ***
旧富山市ダミー	0.936	3.531 ***
桜町ダミー	0.838	2.627 ***
定数項	7.900	4.834 ***
R ²	0.804	

有意水準（*：10%、**：5%、***：1%）

4. 都市内人口分布の時系列推計

4.1 都市内人口分布への影響

構築した2つの実証モデルを用いて2015～2020年までの都市内人口分布の変化を推計する。国勢調査の実績値を図-1、改良モデルA、改良モデルBによる推計結果を図-2、図-3に示す。

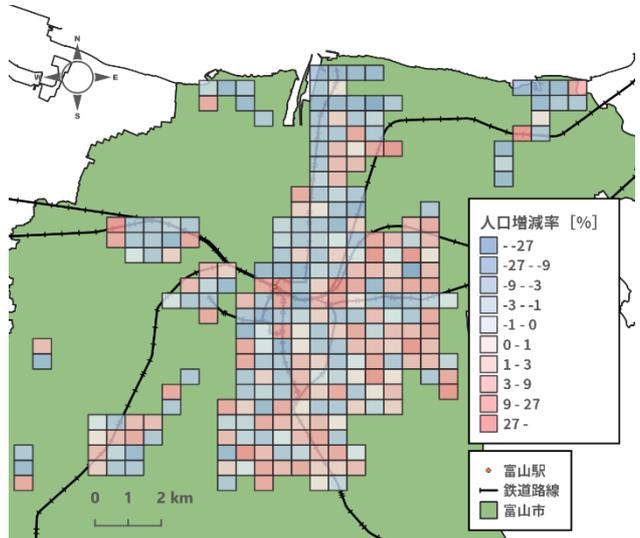


図-1 富山市の人口分布の変化（実績値：2015～2020年）

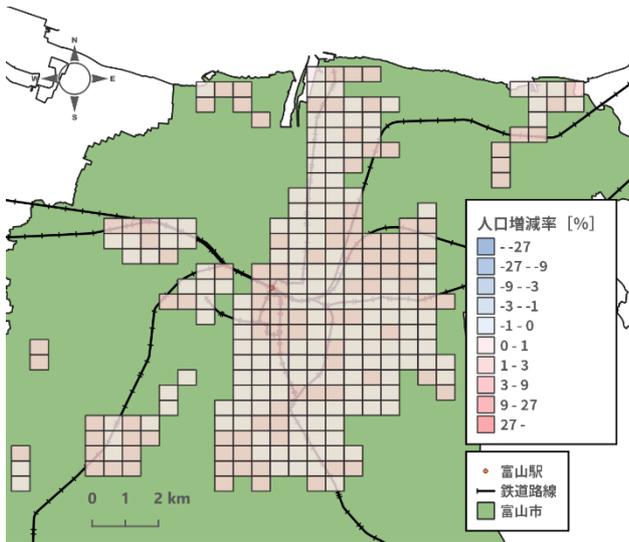


図-2 富山市の人口分布の変化（改良モデルA：2015～2020年）

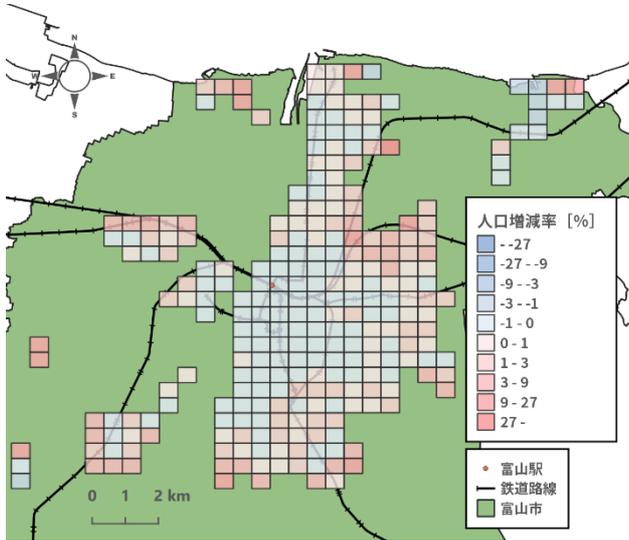


図-3 富山市の人口分布の変化（改良モデルB：2015～2020年）

改良モデルAによる推計人口は、全地域で増加した。 σ によって各地域の供給量が均一化され、都市内移動が限定された可能性がある。改良モデルBによる推計人口は、都心部は減少し郊外部に集中した。この要因として、住居系用途に限定して床供給関数を構築したことで、都心部の供給量が制限され郊外の供給量が増加したことが考えられる。このことから床賃料が低廉な郊外部の魅力度が相対的に高まり、需要が集中したことが示唆される。全体的な傾向としては、改良モデルBの方が改良モデルAよりも実績値で示された郊外部での人口増加を表現できていると言える。

4.2 容積率の緩和が人口分布に及ぼす影響

ここでは、改良モデルBを用いて、都心地区の居住を促進するために都心地区の容積率緩和を行う場合の人口分布の変化を推計する。主に、「都心機能誘導区域」かつ「商業地域」の指定容積率が1.5倍に緩和される施策を想定して分析を行った。施策無と比較した施策有の2045年の人口増減率の推計結果を図-4に示す。

分析の結果、適用地域全体の人口が増加した。しかし、都心地区以外の全域から人口が流出しており、コンパクト施策を行う上では、各居住誘導区域との併用が必要になることが考えられる。容積率緩和のシミュレーションを通じて、戸建て住宅から集合住

宅へ供給行動の変更を表現することができ、本モデルを使ったシミュレーションの有用性を確認できた。

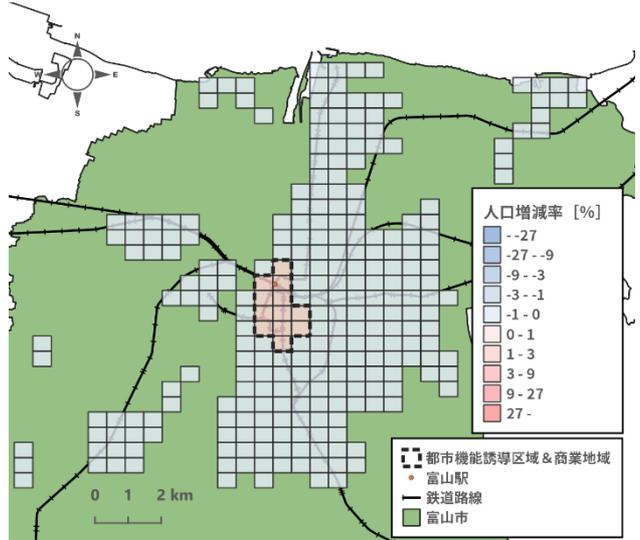


図-4 容積率緩和による人口分布の変化（2045年）

5. おわりに

本研究では、供給者の住宅タイプの選択行動、地代・賃料以外の住環境要因が供給に及ぼす影響を考慮した立地均衡モデルの理論的枠組みを示した。供給者の住宅タイプの選択行動は、すべての住宅タイプの需給の対象を延床面積、価格変数を床1㎡あたり賃料として市場を統合することにより表現した。さらに、富山県富山市を対象として、供給者の住宅タイプの選択行動を考慮した実証モデル、供給者の住宅タイプの選択行動に加えて地代・賃料以外の住環境要因が供給行動に及ぼす影響を考慮した実証モデルを構築し、構築した2つのモデルにより、2020年の人口分布の現況再現性の確認、都心地区における容積率緩和の有無別の2045年までの人口分布推計を行った。

なお、本研究のモデルでは、土地市場と住宅床市場の相互関係を表現できていない。実際の住宅地開発では、地主の所有する土地を開発者に供給し、開発者は家計に住宅床を供給している場合が多い。この市場間の関係により供給量が変化する可能性がある。これらを考慮したモデル構築は、今後の課題と言える。

参考文献

- 1) 今井一貴・佐藤徹治・神永希・杉本達哉・高森秀司：ソフト施策による水害リスク軽減対策が将来の都市内人口分布に与える影響分析，土木学会論文集 D3，Vol.72，No.5，pp.423-434，2016.
- 2) 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.
- 3) 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，土木計画学論文集，Vol.68，No.4，pp.333-343，2012.
- 4) 栗山浩一：EXCELでできるコンジョイント，早稲田大学政治経済学部，環境経済学ワーキングペーパー，2003.