

成熟社会における地方都市計画のための立地均衡モデルの構築*

A Location Equilibrium Model for Local Urban Planning in Well Established Company*

福永涉**・高木朗義***・宮澤俊治****

ShoFUKUNAGA**・Akiyoshi TAKAGI ***・Shunji MIYAZAWA ****

1. はじめに

わが国は、少子高齢化や人口減少というこれまでに経験したことのない、いわゆる成熟社会を迎えようとしている。地方都市計画においても、郊外へのスプロール化を抑制するという施策から郊外からの撤退を促進する施策へ転換する必要がある等、これまでと同様の都市政策では対処しきれない問題として捉えられるようになってきている。

先行研究¹⁾において、それぞれの地区特性に応じた詳細な分析や少子高齢化による人口構造変化を考慮した都市政策の検討などが可能となるようにモデル構築を行ってきたが、こうした居住地変更決定行動や住宅立地選択行動に対する土地供給行動モデルは、現実の現象を十分に表現するには不十分であった。具体的には、先行研究での土地供給行動モデルは、土地需要量に対してすべて新規に土地を供給する行動として記述していた。そこで本研究では、地区における立地変更者の入れ替わりを明示的に取り扱ったモデルに改良する。具体的には、以下に示す点に着目してモデルを構築する。

少子高齢化や人口減少社会における移転行動を捉える。
土地需給ではなく、建物需給を捉える。
転出後に空き家になることを供給量として明示的に表現し、市場における需給均衡を捉える。

2. 既往研究の整理と本研究の位置付け

筆者らはこれまでに伝統的な静学モデルとしての立地均衡モデルを改良し、逐次動学的な立地均衡モデルを構築してきた²⁾。このモデルの特徴としては、以下に示すような点が挙げられる。

立地変更を決断した人が立地を選択するという行動を捉え、その結果から求められる立地変更者数という本

来の市場における需要量を捉える。

立地変更時期は年齢に依存する一方、世代は常に変化する。このような時間変化を捉えるために、世代を区分するとともに、コーホートモデルを利用して、逐次的に多期間の立地変化を表現する。

時間軸の存在により、ある時点の立地分布を起点として立地変化量を推計するため、現実の立地変更行動をより忠実に捉えられるとともに、人口構造変化を考慮した将来予測が可能となる。

本研究では以下のようにモデルを改良する。

土地市場ではなく、建物市場を捉える。

供給行動モデルは、需要量の減少に対応していないため、転出後の空き家を明示的に捉える。

現実にも問題視されている社会現象であり、人々の効用水準にも大きく影響すると考えられる商業立地をモデルに組み込む。

これらにより、本研究の最終的な目標である成熟社会における都市構造変化、およびそれらを踏まえた都市計画に関する政策（例えば、コンパクトシティ化）の効果を表現可能とすることを目指す。

3. 居住地選択モデル

(1) モデルの概要

本モデルの概要を図-1に示す。社会には立地を選択し建物を需要する個人、個人にサービスを供給する商業者、および個人と商業に建物を供給する建物供給者の3主体が存在するものとする。居住地選択行動は世代によって異なるため、世代を0-19歳、20-34歳、35-49歳、50-64歳、65歳以上に区分する。

個人は、まず地区の魅力度（当該地区に居住することにより得られる満足度）を決定し、次に立地変更するかどうかを決定する。そして立地変更すると決めた個人が立地地区を選択するものとする。この3段階の行動をそれぞれ効用水準決定行動モデル、立地変更決定行動モデル、立地選択行動モデルとして捉える。また、商業者は来客数を考慮し、立地選択を踏まえた利潤最大化行動をとるものとする。一方、建物供給者は、立地変更する個人、および立地選択を行う商業者に対して、その時点での空き家を踏まえ、どの程度新たに開発して供給すべきかを決定するという建物供給行動をとるものとする。

*キーワード：都市計画、住宅立地、人口分布

**学生員、岐阜大学大学院工学研究科社会基盤工学専攻
(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, E-mail: i3021026@gifu-u.ac.jp)

***正会員、博(工)、岐阜大学工学部社会基盤工学科
(〒501-1193 岐阜市柳戸 1-1, E-mail: a_takagi@gifu-u.ac.jp)

****正会員、修(工)、株式会社オオバ 名古屋支店
(〒450-0003 名古屋市中村区名駅南 1-24-21,
E-mail: Shun_miyazawa@k-ohba.co.jp)

このような過程によって求まる建物需要量と建物供給量が各地区における建物市場の価格調整メカニズムによって均衡することで、 t 期から $t+1$ 期までの立地変化量が決定される。これにより t 期における立地量が予測できる。さらに時間が経過した場合には、再び各主体が同様の過程を繰り返すことで多期間に亘る立地分布の変化を予測することができる。

これらを地区ごとに取り扱うことで、それぞれの地区特性に応じた詳細な分析や少子高齢化による人口構造変化を考慮した政策の検討などが可能となる。

(2) 人口構造変化推計モデル

将来の住宅立地を予測するためには、対象地区内の将来人口を推計する必要がある。本研究では、地域人口推計に多く用いられているコーホート変化率法を用いる。

ある T 年次の n 番目の世代に対しては基準人口にコーホート変化率を乗じることにより、次の世代の人口 N が求まる。これは次式のように表される。

$$N_{T+1}^{n+1} = N_T^n \times (N_T^{n+1} / N_{T-1}^n) \quad (1)$$

2000 年の 0-4 歳人口は 20-34 歳を親世代とし、これに 1995 年の 0-4 歳人口を 1990 年の親世代で除した値をかけることにより推計した。このような人口の遷移を分析する手法は Sugiki ら³⁾のように統計データを用い、遷移確率を算出する方法もあるが、本研究では、将来の人口推計に多く用いられているコーホートモデルを用いて将来の世代別人口推計を行うものとする。

(3) 個人の居住地決定行動モデル

a) 効用水準決定行動モデル

個人は、 t 期において見通し可能な将来時点 ($t+T$ 期) までに得られる効用水準を最大化するように行動するとする。 t 期において持ち家に居住する個人と借家に居住する個人では移転抵抗が大きく異なるため、持ち家、借家に居住する個人の効用水準をそれぞれ $u_i(t)$ 、 $v_i(t)$ として分けて表現する。これらは、次式のように定式化される。

$$u_i(t) = \int_0^{+T} U(\cdot) e^{-\rho t} dt \quad (2)$$

$$v_i(t) = \int_0^{+T} V(\cdot) e^{-\rho t} dt \quad (3)$$

ここで、 $U(\cdot)$ 、 $V(\cdot)$ ： t 期における持ち家世帯、借家世帯の効用水準、 ρ ：社会的割引率。

なお、以下では $u_i(t)$ 、 $v_i(t)$ の t を省略して u_i 、 v_i と表す。

b) 立地変更決定行動モデル

t 期における持ち家、借家に居住する個人の立地変更

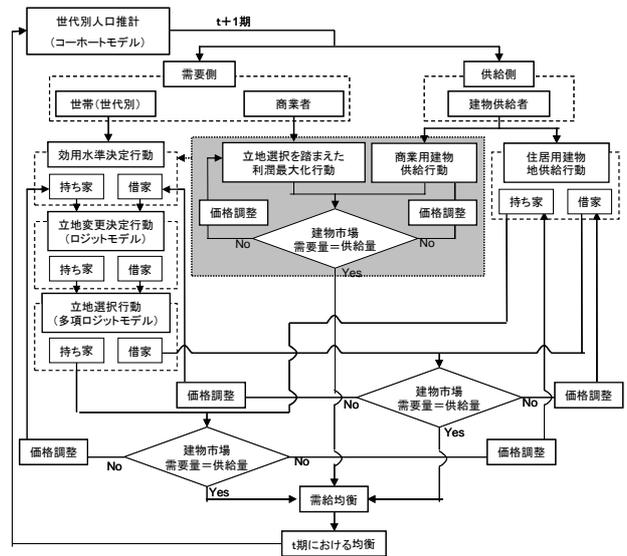


図-1 立地均衡モデルの概要

決定行動を以下の4パターンに分けて表現する。

- 持ち家に居住する個人が持ち家を選択する。
- 持ち家に居住する個人が借家を選択する。
- 借家に居住する個人が持ち家を選択する。
- 借家に居住する個人が借家を選択する。

各地区において持ち家に居住する個人と借家に居住する個人の効用水準をそれぞれ u_i 、 v_i 、都市圏内の平均的な効用水準をそれぞれ \bar{u}_i 、 \bar{v}_i として、ロジットモデルに代入すると地区 i における \sim のパターンに対する立地変更確率 P_{uui}^* 、 P_{uvi}^* 、 P_{vui}^* 、 P_{vvi}^* が式(4)~(7)のように決定される。

$$P_{uui}^* = \frac{\exp(\bar{u}_i)}{\exp(u_i) + \exp(\bar{u}_i) + \exp(v_i) + \exp(\bar{v}_i)} \quad (4)$$

$$P_{uvi}^* = \frac{\exp(v_i) + \exp(\bar{v}_i)}{\exp(u_i) + \exp(\bar{u}_i) + \exp(v_i) + \exp(\bar{v}_i)} \quad (5)$$

$$P_{vui}^* = \frac{\exp(u_i) + \exp(\bar{u}_i)}{\exp(u_i) + \exp(\bar{u}_i) + \exp(v_i) + \exp(\bar{v}_i)} \quad (6)$$

$$P_{vvi}^* = \frac{\exp(\bar{v}_i)}{\exp(u_i) + \exp(\bar{u}_i) + \exp(v_i) + \exp(\bar{v}_i)} \quad (7)$$

このように設定することで建物所有形態別にみた立地変更決定行動を捉えることができる。なお、建物需給(建物市場)は地区単位で取り扱うため、建物所有形態を変更しない場合、地区内において建物需要量が相殺されるため、推計の対象としないものとする。一方、建物所有形態を変更する場合(持ち家 借家、借家 持ち家)には、地区を変更しない場合でも建物需要(建物市場)が移るため、推計の対象とするものとする。

平均的な効用水準 \bar{u}_i 、 \bar{v}_i とは、都市圏内で得られる効用水準の平均値に移転に対する抵抗感を加味したものとする。居住地移転は、持ち家が借家かによって、精神面や肉体面、経済面にかかる負担が大きく異なることを

考慮するため、持ち家と借家を区分して抵抗感をそれぞれ c_{ui} , c_{vi} と表現する .

$$\bar{u}_i = \ln \left[\sum_{j=1}^J \exp(u_j) \right] - c_{ui} \quad (j \neq i) \quad (8)$$

$$\bar{v}_i = \ln \left[\sum_{j=1}^J \exp(v_j) \right] - c_{vi} \quad (j \neq i) \quad (9)$$

以上のように求まる地区 i における建物所有形態別の立地変更確率 P_{mni}^* に世代人口 $N_i(t)$ を乗じることにより建物所有形態別の立地変更人数 $N_{mni}^*(t)$ が求まる .

$$N_{mni}^*(t) = P_{mni}^* \cdot N_i(t) \quad (mn = uu, uv, vu, vv) \quad (10)$$

$$N_i^*(t) = \sum_{mn} N_{mni}^*(t) \quad (11)$$

ここで , mn : 建物所有形態を表す添字 .

c) 立地選択行動モデル

住み替えを決めた個人は各地区の効用水準 u_i , v_i に基づき居住地を選択する . 式(12) ~ (15)のロジットモデルに各地区の効用水準 u_i , v_i を代入すると地区 j に対する建物所有形態別の居住地選択確率 P_{uij} , P_{vij} , P_{vuij} , P_{vuij} がそれぞれ求まる . これらに各地区の建物所有形態別の立地変更人数 $N_{mni}^*(t)$ を乗じることによって転入者数が求まる . よって , 地区 j の居住人口 $N_j(t+1)$ が求まる .

$$P_{uij} = \frac{\exp(u_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(u_j)} \quad (j \neq i) \quad (12)$$

$$P_{vij} = \frac{\exp(v_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(v_j)} \quad (13)$$

$$P_{vuij} = \frac{\exp(u_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(u_j)} \quad (14)$$

$$P_{vuij} = \frac{\exp(v_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(v_j)} \quad (j \neq i) \quad (15)$$

$$N_j(t+1) = N_j(t) - N_j^*(t) + \sum_{i=1}^I \sum_{mn} P_{mij}(t) \cdot N_{mni}^*(t) \quad (16)$$

d) 建物需要量

式(18)のように各地区における建物分譲価格 ρ_{uj} , 賃貸料 ρ_{vj} と一人当たりの建物床面積の関係を表した建物需要関数を定義し , 居住者一人当たりの建物所有形態別の建物需要量 q_{uj} , q_{vj} を推定する . これに当該地区の人口増加分を乗じることにより , 各地区の建物需要量 Q_{uj} , Q_{vj} が求まる .

$$q_{uj} = q_{uj}(\rho_{uj}) \quad (17)$$

$$q_{vj} = q_{vj}(\rho_{vj}) \quad (18)$$

$$Q_{uj} = q_{uj} \cdot \left[\sum_{i=1}^I \{ P_{uij} \cdot N_{uii}^*(t) + P_{vuij} \cdot N_{vuii}^*(t) \} - N_{uij}^*(t) - N_{vuj}^*(t) \right] \quad (19)$$

$$Q_{vj} = q_{vj} \cdot \left[\sum_{i=1}^I \{ P_{vuij} \cdot N_{vuii}^*(t) + P_{vuij} \cdot N_{vuii}^*(t) \} - N_{vuj}^*(t) - N_{vuj}^*(t) \right] \quad (20)$$

4. 商業立地行動モデル

(1) モデルの概要

地方都市における都市構造をより忠実に表現するためには , 住居立地に加えて商業立地とそれに関する供給行動を表現できることが望ましい . 先行研究のモデルでは , 商業立地は効用関数における一つの定数として定義されており , 立地変更による地区の魅力度の変化などは考慮されていない . そこで本研究では , 商業立地の需給均衡を扱えるようにモデルを構築する . なお , 商業立地は居住立地と同様の都市内移転で決まる訳ではなく , また短期的な展望によるスクラップ・アンド・ビルトなどにより急展開するため , 商業立地の全需給関係はワンショットごとの均衡で決定するものと仮定し , 静学モデルにより捉えるものとする .

(2) 建物需要量

商業立地者は利潤最大化行動をとるものとする . ここでの商業立地者は商業に従事する主体を表し , 商業従業者の利潤を最大にするものと捉え , 集中買い物トリップ数 T_j と買い物トリップ当たりの支出 k_j の積から固定費用 C_j を除し , それに従業者数 W_j で割った値から , 従業者一人あたりに必要な費用 e_j を除したものが従業者一人当たりの利潤 π_j となる .

$$\max_{w_j} \pi_j = \frac{k_j T_j - C_j}{W_j} - e_j \quad (21)$$

ここで , 集中買い物トリップ数 T_j と従業者一人当たりに必要な費用 e_j は下記ようになる .

$$T_j = \sum_{i=1}^I T_{ij} = \sum_{i=1}^I \frac{N_i \exp(\alpha W_j - \beta g_{ij} + \gamma \Omega_j)}{\sum_{j=1}^J \exp(\alpha W_j - \beta g_{ij} + \gamma \Omega_j)} \quad (22)$$

$$e_j = \omega + \rho_{Cj} \cdot q_{Cj} \quad (23)$$

ここで , g_{ij} は一般化交通費用 , Ω_j は地区 j における商業施設の魅力度 , α , β , γ は係数 , ω は従業者一人当たりの賃金 , ρ_{Cj} は建物床面積当たりの賃貸料 , q_{Cj} は従業者一人当たりの必要床面積を表す .

商業立地における建物需要量 Q_{Cj} は、上記の従業者一人当たりの必要床面積 f と各地区における従業者数 W_j の積で表される。

$$q_{Cj} = q_{Cj}(\rho_{Cj}) \quad (24)$$

$$Q_{Cj} = q_{Cj}W_j \quad (25)$$

5. 建物供給行動モデル

(1) モデルの概要

先行研究の供給行動モデルは、需要量に応じて必要面積を供給すると表現しており、居住者の移転行動による建物利用の循環を表現できなかった。本研究では、人口減少下の都市構造を表現するために、転出による空き家が建物供給となることをモデル化する。

(2) 建物供給量

建物供給者は、利潤最大化行動をとるものとし、分譲住宅需要と賃貸住宅需要、商業建物需要に対する供給行動をそれぞれ別々に捉える。ここでは、高木ら⁴⁾による土地供給行動モデルを改良して各地区における分譲住宅需要に対する一括供給量 L_{ui} は、分譲住宅供給可能量 K_{ui} 、分譲価格 ρ_{ui} 、パラメータ σ_{ui} により(26)式のように表現し、賃貸住宅需要に対する一括供給量 L_{vi} は、賃貸住宅供給可能量 K_{vi} 、賃貸料 ρ_{vi} 、パラメータ σ_{vi} により(27)式のように表現し、商業建物需要に対する一括供給量 L_{Cj} は、商業建物供給可能量 K_{Cj} 、賃貸料 ρ_{Cj} 、パラメータ σ_{Cj} によって(28)式のように表現する。

$$L_{ui} = K_{ui} \left(1 - \frac{\sigma_{ui}}{\rho_{ui}} \right) \quad (26)$$

$$L_{vi} = K_{vi} \left(1 - \frac{\sigma_{vi}}{\rho_{vi}} \right) \quad (27)$$

$$L_{Cj} = K_{Cj} \left(1 - \frac{\sigma_{Cj}}{\rho_{Cj}} \right) \quad (28)$$

(3) 供給可能量

建物供給量は、 t 期に新築して供給する量と t 期に転出により使われなくなった建物を再び供給する量の総和として捉える。この条件を満足するためには、式(26)、(27)の供給可能量 K_{ui} 、 K_{vi} をそれぞれ持ち家と借家に対する転出者数分の建物面積 A_{uOut} 、 A_{vOut} と新規供給建物面積 $\xi_{ui} S_{MAX} \eta_{ui}$ 、 $\xi_{vi} S_{MAX} \eta_{vi}$ の和によって次のように表現する。

$$K_{ui} = A_{uOut} + \xi_{ui} S_{MAX} \eta_{ui} \quad (29)$$

$$K_{vi} = A_{vOut} + \xi_{vi} S_{MAX} \eta_{vi} \quad (30)$$

ここで、 S_{MAX} は新規建物供給における上限土地供給量

を表し、ある地区の総面積 S から道路等の公共面積 A_{Pub} と既建物占有面積 A_{Buil} を除いたものとし、以下のように定式化する。

$$S_{MAX} = S - A_{Pub} - A_{Buil} \quad (31)$$

また、 η_{ui} 、 η_{vi} は地区ごとの平均容積率、 η_{ui} 、 η_{vi} ($0 \leq \eta_{ui}, \eta_{vi} \leq 1$) はそれぞれ地区における建物の魅力度を表す。

(4) 土地需給均衡

各地区における分譲住宅や賃貸住宅、商業建物に関する需要量と供給量が一致するように建物市場における価格調整メカニズムが働き、各地区における個人や商業者（商業従業者）の立地量が決まる。したがって、建物需要量 Q_j と建物供給量 L_j との間に次のような均衡条件式が成立する。

$$Q_{ui} = L_{ui} \quad (32)$$

$$Q_{vi} = L_{vi} \quad (33)$$

$$Q_{Cj} = L_{Cj} \quad (34)$$

6. おわりに

本研究の成果は、建物需給において居住者の転出を表現したモデルを構築できたこと、商業立地行動を立地均衡モデルに組み込むことで、より現実に近い社会現象が表現可能となったことである。これにより、地方都市計画に関する様々な政策分析が可能となったため、このモデルを用いて、将来の地方都市計画における様々な施策を考案していきたい。

謝辞：本研究の一部は、平成 19 年度科学研究費補助金（基盤研究(B)、課題番号：18360243、研究課題名：成熟社会における社会資本整備の方向性と制度改革、研究代表者：竹内伝史岐阜大学地域科学部教授）によるものである。ここに記して感謝の意を表する。

参考文献

- 1) 宮澤俊治・高木朗義：洪水リスクに対する合理的な立地分布への誘導策の検討 ファジィ推論とGISデータを用いた立地均衡モデルによるアプローチ、土木計画学研究・講演集、Vol.35, 2007.
- 2) 宮澤俊治・高木朗義・秋山孝正・大森貴仁：ファジィ推論とGISデータを用いた世代別立地均衡モデルの構築、土木計画学研究・論文集、Vol.21, pp 211-220, Vol.23, 2005.
- 3) Nao Sugiki and Kazuaki Miyamoto: Spatial-Temporal Aggregation Effects and Path-Dependence in a Land-Use Microsimulation System, Selected-Proc. of 10th WCTR, 2005.
- 4) 高木朗義・森杉壽芳・上田孝行・西川幸雄・佐藤尚：立地均衡モデルを用いた治水投資の便益評価手法に関する研究、土木計画学研究・論文集、Vol.13, pp 339-348, 1996.