

単一中心都市における住宅地の開発と建て替えおよび撤退の動学的空間パターン

Dynamic Spatial Residential Pattern in a Monocentric City

福島サヤカ*・河野達仁**・織田澤利守***

By Sayaka FUKUSHIMA*・Tatsuhito KONO**・Toshimori OTAZAWA***

1. はじめに

近年、我が国をはじめとする先進国は人口減少社会を迎えている。人口減少社会における住宅地の立地パターンは、人口増加社会におけるパターンとは異なることが予想される。よって、人口減少社会で発生する住宅地の立地パターンの経済効率性を検討するために、人口減少下における住宅地の立地パターンを分析する必要がある。

Fujita¹⁾, Wheaton²⁾は人口増加下の単一中心都市における住宅地の開発の空間的パターンを分析した。Fujita¹⁾, Wheaton²⁾の、住宅地の耐久性は完全であるという仮定の下では、一度開発された住宅地は立地し続けるため、人口減少下においては住宅は供給過剰になる。したがって、この仮定の下では人口減少下の分析はできない。また、Fujita¹⁾, Wheaton²⁾は住宅地の建て替えや住宅地の農地への転換は扱っていない。

河野ら³⁾は開放型の単一中心都市において動学的な住宅地の開発・撤退モデルを構築し、人口増加時と減少時における住宅地の開発と撤退の空間的パターンを分析した。しかし、地点ごとに成立する条件を局所的に分析しており、ある地点の住宅の変遷は分析できているものの、都市全体の住宅パターンの変遷を示すことは出来ていない。

そこで、本研究では河野ら³⁾のモデルを用いて、住宅地地上昇時から住宅地低下時にかけての住宅地の開発と建て替え、および撤退の空間的パターンの全体像を、数値計算を用いてつかむことを目的とする。

2. モデルの概要

本研究では、開放型の単一中心都市において動学的な住宅地の開発・撤退モデルを使用する。主体としてディベロッパーおよび家計が存在する。

ディベロッパーは多数存在し、都市内の全ての土

キーワード：計画基礎論、住宅立地

* 学生非会員、学士、東北大学大学院工学研究科土木工学専攻（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区青葉06

E-mail:fukushima@plan.civil.tohoku.ac.jp)

**正会員、博(学術)士、東北大学大学院情報科学研究科（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区青葉06)

E-mail:kono@plan.civil.tohoku.ac.jp

***正会員、博(学術)士、東北大学大学院情報科学研究科（〒980-8579 宮城県仙台市青葉区青葉06)

E-mail:otazawaivil.tohoku.ac.jp

地を所有している。ディベロッパーは将来を完全予見し、単位ロットサイズ当たりの利潤が最大になるように住宅地のロットサイズと開発・撤退時点を決定する。家計は住宅地を賃借し、住宅地から商業地へと通勤する。ただし、商業地はCBDにのみ立地しており、その面積は無視する。

(1) ディベロッパーの行動

時点 t において、ディベロッパーは式(2.1)で表される単位ロットサイズ当たりの利潤 $Z(\cdot)$ が最大になるように、開発・撤退の選択を表す変数 ϕ^k （開発:1, 撤退:0）とロットサイズ q^k と開発・撤退時点 L^k を決定する。ただし、撤退を選択する場合は撤退時点 L^k のみを決定する。なお、開発を選択する場合は、ディベロッパーは開発費用 $F(q^k)$ に加えて、毎期維持費用 m を支払う。また、住宅地の耐久期間を \bar{L} とする。 $r^k(\tau)$ は時点 τ における住宅地代、 r_A は農業地代、 i は利子率を表す。スーパークリプト k は開発・撤退の回数を表す。なお、 $L^0 = 0$ とする。

$$\begin{aligned} \max_{q^k, L^k, \phi^k} Z(q^k, L^k, \phi^k) \equiv & \sum_{k=0}^{\infty} \phi^k \left[\int_{t+L^k}^{t+L^{k+1}} (r^k(\tau) - m) e^{-i(\tau-t)} d\tau - \left[F(q^k)/q^k \right] e^{-iL^k} \right] \\ & + \sum_{k=0}^{\infty} (1 - \phi^k) \int_{t+L^k}^{t+L^{k+1}} r_A e^{-i(\tau-t)} d\tau \\ \text{s.t. } & L^{k+1} - L^k \leq \bar{L} \text{ for } k|_{\phi^k=1} \end{aligned} \quad (2.1)$$

ただし、 $k|_{\phi^k=1}$ は $\phi^k = 1$ を満たす k を表す。

(2) 家計の行動

時点 τ において、地点 x の家計は式(2.2)のように住宅地代 $r^k(\tau, x)$ を決定する。 c は合成財の消費量、 $s(x)$ は通勤費用を表す。合成財の価格は1とする。

また、家計の効用 $u(\tau)$ はロットサイズと合成財の消費量によって決定される。ただし本研究は開放型都市を仮定しているため、家計の均衡効用 $\bar{u}(\tau)$ は外生変数である。

$$r^k(\tau, x) = [Y(\tau) - c(q^k, u(\tau)) - s(x)] / q^k \quad (2.2)$$

$$\text{s.t. } u(\tau) = u(q^k, c) = \bar{u}(\tau) \quad (2.3)$$

3. 分析条件

本研究では、**Presumption 3.1**を満たす住宅について分析を行う。

Presumption 3.1

(i) 開発を選択する場合は、 $L^{k+1} - L^k = \bar{L}$ が成立する。一方、撤退を選択する場合は、 $L^{k+1} - L^k < \bar{L}$ が成立する。また、開発を選択する場合は、住宅地は1期先に農地に転換されない。

(ii) 開発時点 L^k の変化による1期先に得られる住宅地代の変化 $(r^k - r^{k+1})e^{-iL^{k+1}}$ は無視することができる。

なお、(ii)が成立する条件は q^k と q^{k+1} の差が十分小さいことである。このとき、 r^k と r^{k+1} の差が小さく、 $e^{-iL^{k+1}}$ も小さいので、 $(r^k - r^{k+1})e^{-iL^{k+1}} \approx 0$ とすることができる。

(iii) 2期以上先の一階条件は長期の割引であるため無視することができる。

Presumption 3.1を仮定すると、3つのケースにおける一階条件は以下ようになる。また、二階条件が成立する。なお、建て替えの場合、開発時点は与件となる。以下、 $t + L^k \leq \tau < t + L^{k+1}$ の期間を k 期と呼ぶ。

a) 農地を住宅地に転換するケース

$$\mathcal{L}_{q^k} = \int_{t+L^k}^{t+L^k+\bar{L}} r_{q^k}^k(\tau) e^{-i(\tau-t)} d\tau - \left[\frac{F_{q^k}(q^k) - F(q^k)}{q^k} \right] / q^k e^{-iL^k} = 0 \quad (3.1)$$

$$\mathcal{L}_{L^k} = r_A e^{-iL^k} - r^k (t + L^k) e^{-iL^k} + m e^{-iL^k} + i \left[\frac{F(q^k)}{q^k} \right] e^{-iL^k} + i \left[\frac{F(q^{k+1})}{q^{k+1}} \right] e^{-i(L^k + \bar{L})} = 0 \quad (3.2)$$

b) 住宅地を建て替えるケース

$$\mathcal{L}_{q^k} = \int_{t+L^k}^{t+L^k+\bar{L}} r_{q^k}^k(\tau) e^{-i(\tau-t)} d\tau - \left[\frac{F_{q^k}(q^k) - F(q^k)}{q^k} \right] / q^k e^{-iL^k} = 0 \quad (3.3)$$

c) 住宅地を農地に転換するケース

$$\mathcal{L}_{L^k} = r^{k-1} (t + L^k) e^{-iL^k} - m e^{-iL^k} - r_A e^{-iL^k} = 0 \quad (3.4)$$

各項の意味は本文に解説を譲る。

4. 分析結果

(1) 開発・建替えのパターン

開発と建替えのパターンを知るために、本研究では以下のようにパラメーターとパターンを設定した。

表4.1 開発・建替えのパラメーターとパターン名

パターン	農業地代 (千円/㎡・年)	開発費用 (千円/㎡)	維持費用 (千円/㎡・年)	効用増加率 (千円/年・km)	交通費用 (千円/年・km)	開発・建替えの 方向
開発建替1	3	400	7	0.001	高い	CBD→郊外
開発建替2	3	400	7	0.002	比較的高い	CBD→郊外
開発建替3	2	100	1	0.001	低い	郊外→CBD

パラメーターの単位は、農業地代(円/㎡²)、維持費用(円/㎡²)、開発費用維持費用(円/㎡²)、交通費用(円/km・年)、初期収入(円/年)、耐久期間(年)である。パラメーターを変化させた結果、開発、建て替えの方向が変化した。なお、所得と効用は時系列的に変化させ、地代変化が上昇から減少になるようにした。また、住宅の耐久年数は一律40年と仮定した。交通費用は、距離と時間価値の関数とし、時間と距離に対して増加関数になると仮定した。以下に各パターンの結果を示す。

a) CBDから郊外に向かって開発が起こるパターン

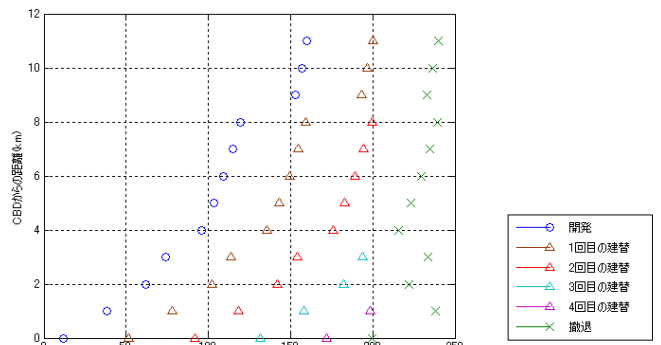


図4.1 開発・建替1におけるCBDからの距離と開発・建替時点の関係

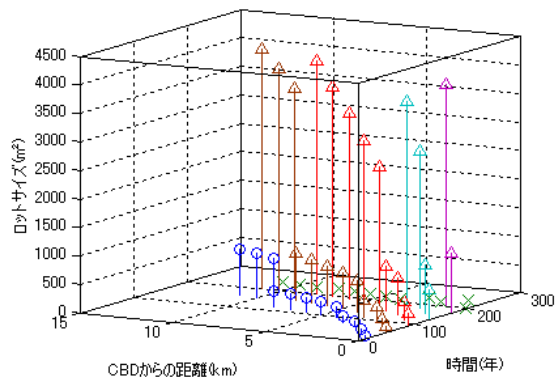


図4.2 開発・建替1におけるCBDからの距離と開発・建替時点、ロットサイズの関係

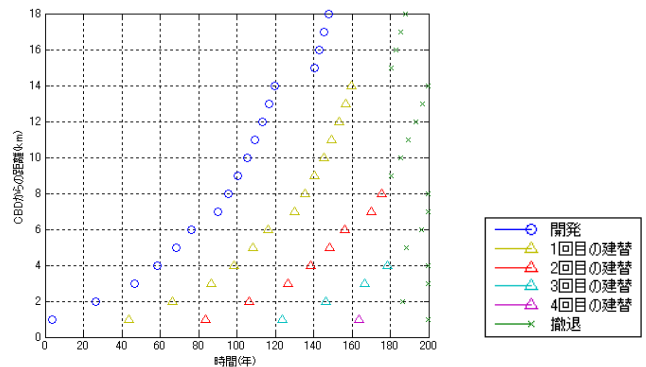


図4.3 開発・建替2におけるCBDからの距離と開発・建替時点の関係

開発・建替1のパラメーターは、できる限り現実に近い値を設定した。また、効用増加率を低めにし、地代上昇率が高くなるようにした。さらに、160年までは所得上昇率が、効用上昇率を上回り、それ以降は効用上昇率が所得上昇率を上回るようにした。

この結果、都市はCBDから郊外へと向って広がった(図4.1)。また、CBDからの距離とともにロットサイズが大きくなっていることが図4.2からわかる。この開発の方向・ロットサイズと距離の変化と、効用上昇率と所得上昇率の関係は、Fujita¹⁾でも示されている。

160年以降は地代が減少し始めるため、ロットサイズが非常に大きくなり、ほとんどの住宅は、住宅を耐久期間使い切って撤退が起こる。耐久期間と撤退の関係について

ては、撤退の項で詳しく述べる。

また、開発2では効用増加率を開発・建替1より上げ、地代の上昇率を小さくした。

この結果、開発・建替2のパラメーターの下でも、都市はCBDから郊外に向って開発された。(図4.3) 時間軸を固定してロットサイズを見ると、ロットサイズは郊外へ行くほど小さくなっている。

開発・建替1,2での、CBDからの距離とロットサイズの大きさの関係が違うことについて、以下に考察する。3章の $L_x^k = 0$ に陰関数定理を用いると、地代が十分大きいときに $dq^k/x > 0$ が成立し、ロットサイズは都心から離れるほど大きくなるということがわかった。一方、地代が十分大きくない場合には $dq^k/x < 0$ となり、CBDから離れるほど地代が小さくなる。このことから、開発1では地代上昇率が高く、地代がじゅうぶん高くなるため、CBDからの距離とともにロットサイズが大きくなり、開発2では地代上昇率が低く、地代が上がらないためにCBDから遠くなるほどロットサイズが小さくなると考えることができる。

b) 郊外からCBDに向って開発が起こるパターン

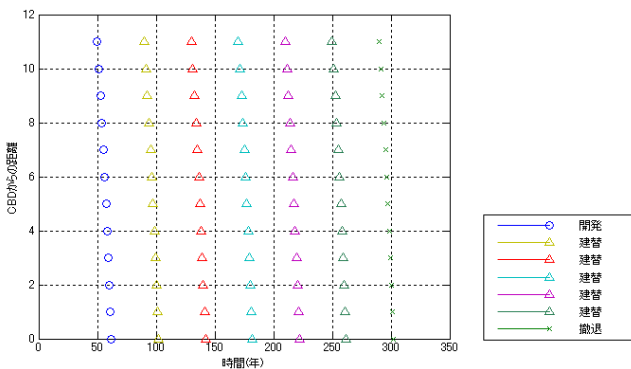


図4.4 開発・建替3におけるCBDからの距離と開発・建替時点の関係

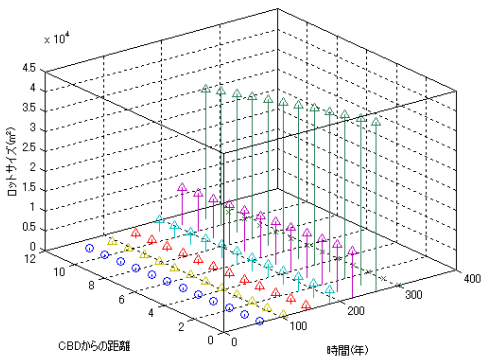


図4.5 開発・建替3におけるCBDからの距離と開発・建替時点、ロットサイズの関係

開発・建替3では、開発費用・維持費用・交通費用を非常に小さく置いた。また、効用上昇率は開発・建替と同じく低くおき、地代上昇率が大きくなるようにした。

以上のようなパラメーターのもとでは、住宅は郊外か

らCBDに向って開発された。(図4.5)。またロットサイズは郊外に行くほど小さくなった。

もし維持費用・開発費用が低ければ、建替の回数を増やしたほうがディベロッパーの利潤は大きくなる。また、交通費用が低い場合、都心と郊外の地代上昇率はわずかに郊外が低いだけであまり変わらない。この条件下でディベロッパーは、郊外を早い時期に開発し、建替の回数を増やすことで最大の利潤を得ることができる。一方、交通費用が高い場合は、たとえ維持費用・開発費用が低くても、都心の地代上昇率が郊外より著しく高くなり都心から開発が始まる。以上の理由から、開発・建替3のパラメーター下では郊外から開発が始まったと考えることができる。この維持費用、開発費用と開発方向の関係については河野ら3)で同様の関係が示されている。

さらに、開発・建替3のパラメーター下では地代上昇率が高いにもかかわらず、郊外の方がロットサイズが小さくなっている。河野ら3)によると、開発における都心からの距離とロットサイズの関係は以下の式で表すことができる。

$$dq^k/dx > 0 \text{ as } \mathcal{L}_{q^k x}^k \mathcal{L}_{t^k t^k}^k < \mathcal{L}_{q^k t^k}^k \mathcal{L}_{t^k x}^k \quad (4.1)$$

この式において

$$\mathcal{L}_{q^k x}^k = \int_{t^k}^{t^k+L} [s_x / (q^k)^2] e^{-ir} d\tau > 0 \quad (4.2)$$

$$\mathcal{L}_{t^k x}^k = [s_x / q^k] e^{-it^k} > 0 \quad (4.3)$$

が成立するため(4.1)の正負は以下の(4.4)と(4.5)の関係で決まる。

$$\mathcal{L}_{t^k t^k}^k = -r_{t^k}^k (L^k) e^{-it^k} < 0 \quad (4.4)$$

$$\mathcal{L}_{q^k t^k}^k = \left[\left[c_{q^k} + m + iA(1 + e^{-iL}) \right] / q^k \right] e^{-it^k} \quad (4.5)$$

地代上昇率が十分高い場合は(4.4)が十分小さくなり、費用、開発費用の大小にかかわらず $dq^k/x > 0$ となる。しかし、開発・建替3では、開発費用、維持費用、交通費用を小さくおいた。この場合、 $\mathcal{L}_{q^k x}^k$ (4.2)が非常に小さくなり、負である $\mathcal{L}_{q^k t^k}^k$ の絶対値が小さくなる。この結果 $dq^k/x < 0$ となり、郊外ほどロットサイズが小さくなったものと考えられる。

(2) 撤退のパターン

撤退のパターンを調べるために、本研究では以下のようにパラメーターを設定した

表4.2 撤退のパラメーターとパターン名

パターン	農業地代 (千円/㎡・年)	開発費用 (千円/㎡)	維持費用 (千円/㎡・年)	効用増加率 (/120年)	交通費用 (千円/年・km)
撤退1	3	500	10	0.001	高い
撤退2	2	150	1.5	0.001	低い

撤退のパターンを調べるにあたって、住宅の耐久年数を60年と仮定した。これは、耐久期間が40年の場合、耐久期間の途中で住宅を廃棄する撤退は観察できなかったか

らである。耐久期間が長ければ、維持費用の蓄積が大きくなるので耐久期間の途中でも撤退が起こる。所得・効用・交通費用の関数は開発・立替・撤退のパターンと同じように定めた。

以下にその結果を示す。

a) 撤退1のパターン

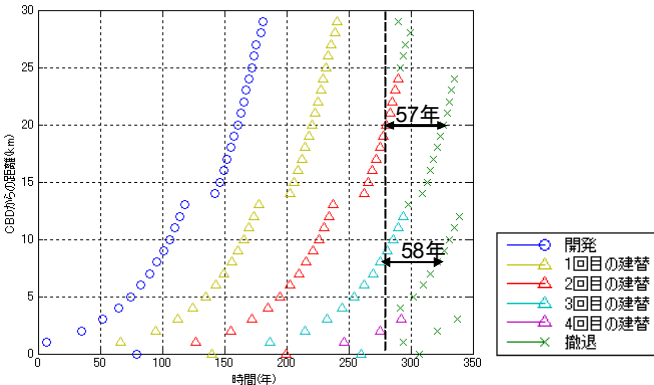


図4.6 撤退1におけるCBDからの距離と開発・建替・撤退時点の関係

撤退1では、耐久期間を60年と置いているため、開発費用を開発・建替1, 2, 3より高めに設定した。

撤退1のパラメーターのもとでは、同時期に建替された住宅の撤退は郊外のほうが都心より早い。(図4.6) また、都心から1kmの地点で都心より先に開発が起こっている。(飛び地開発) 撤退1では開発費用と維持費用を非常に高くおいている。そのため地代上昇率が高い都心では、地代が上がりきってから開発したほうが維持費用、開発費用を負担しなくてよいくぶん利潤が大きくなるため、都心だけ遅れて開発が始まったと考えることが出来る。郊外は交通費用が地代上昇率を下げるために開発は遅くならない。

(ii) 撤退2のパターン

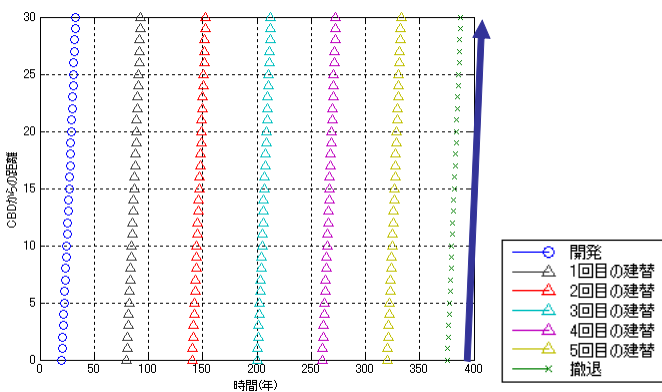


図4.7 撤退2におけるCBDからの距離と開発・建替・撤退時点の関係

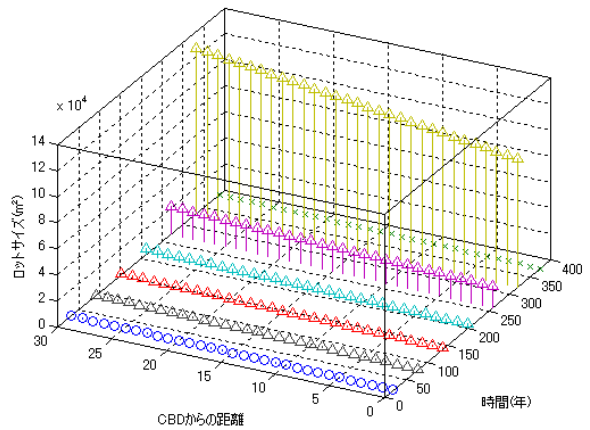


図4.8 撤退2におけるCBDからの距離と開発・建替時点、ロットサイズの関係

撤退2では耐久期間を60年とおき、開発・建替3と同様に交通費用を低くした。ただし、維持費用と開発費用についてはわずかに開発・建替3より高くした。

この結果、撤退2のパラメーターのもとでは、開発・建替3と同じく郊外から開発が始まった。また撤退は都心から始まった。(図4.7)そしてロットサイズは郊外ほど大きくなっている。(図4.8)

開発・建替3とほとんど同じ条件にもかかわらず、ロットサイズが都心から離れるほど大きくなるのは、維持費用、開発費用が開発・建替3よりも大きいからだと考えられる。

また河野ら3)で、撤退の方向と交通費用の関係について、交通費用の都心からの距離に関する変化率が大きい場合は郊外から撤退がはじまり、あまり大きくない場合は郊外から撤退がはじまると述べている。これはそれぞれ撤退1, 2で確認できた。

5. 結論

本研究では、2章で示した一般的なモデルに3章でいくつかの仮定を置くことにより、人口増加下および人口減少下における住宅地の立地パターンを分析した河野ら3)の拡張として数値計算を行った。今回の数値計算の結果、河野ら3)において微小区間で成立すると示された結果が、都市全体でも観察できうということを確認することができた。撤退2において飛び地開発おこることを示した。

今後、家計を収入等で差別化し、都市全体の家計が均一ではない住宅地パターンの分析に拡張していきたい。

参考文献

- 1) Fujita, M.: Spatial patterns of residential development, *Journal of Urban Economics*, Vol. 12, pp. 22-52, 1982.
- 2) Wheaton, W. C.: Urban residential growth under perfect foresight, *Journal of Urban Economics*, Vol. 12, pp. 1-21, 1982. ¥
- 3)河野, 宮原, 織田澤 人口減少下の単一中心都市における住宅地の開発と撤退の空間的パターン, mimeo, 2007