

最適な用途規制と容積規制に関する研究*

A study on the design of optimal floor area and land use regulation*

河野達仁**・森田有一***

By Tatsuhito KONO**・Yuichi MORITA***

1. はじめに

都市人口の増加は交通混雑や環境悪化等の外部不経済を生む。外部不経済は市場均衡では適正化されないため、特別な政策が必要となる。代表的な政策として、Pigou 課税がある。しかし、例えば混雑料金を徴収するためには多くの料金所の建設が必要となる。また、騒音を解消するには、多くの騒音計測システムを建設しなくてはならず、さらに多くの料金徴収所を設けなければならない。このように課税を行う場合、徴収するためにかかる施設費用が大きくなり現実的でない。よって外部性を適正化するためには床面積市場、土地面積市場を規制し、人口分布を調整する土地利用規制が一つの有効な施策となる。

本論文では都市部における最適な土地利用規制について考察する。土地利用に関する既存研究のほとんどは、容積率規制、Minimum lot size zoning による都市構造や所得分配構造変化を中心に分析しており、最適な土地利用規制に関して考察していない。そのような中で Fujita(1989)¹⁾は一定の Minimum lot size zoning を都市のどの範囲に行うべきかを考察した。また河野他(2002)²⁾はゾーンごとに最適な規制を導き、ゾーンごとに異なる規制をすることが望ましいことを導いた。しかし、河野他(2002)においては床面積の利用目的を居住用のみとしている。実際は事業所としての利用、居住用としての利用など様々な目的により使われ、これらが混雑の要因となる。また事業所と居住用ではたとえば床面積需要の価格弾力性が異なるなど、需要関数が異なる。

そこで本論文においては閉じた都市を考え、都市内の人口分布の調整により外部不経済削減を行うための事業所、居住所それぞれの最適な床面積規制、敷地面積規制を求める。

具体的には都市部の CBD を 2 ゾーンに分割して居住人口、従業人口から成る基本モデルを構築し、規制による不効率と外部不経済削減効果との関係を明示化して、最適人口密度を導く規制を考察する。政策変数は 2 ゾーンそれぞれの居住用床面積供給量、事業所用床面積供給量、居住用敷地面積供給量、事業所用敷地面積供給量である。

2. モデル

(1)モデルの概要

本研究では 2 つのゾーンのそれぞれにビルが存在し、居住所、事業所という 2 つの用途で用いられる。

本研究の政策変数は用途別床面積と用途別敷地面積の 2 種類である。用途別床面積規制は居住用もしくは事業所に用いられるビルの床面積供給量を規制する手法である。一方、用途別敷地面積規制は線引きされ総面積が一定である 2 つのゾーンにおいて、居住用ビルと事業所用ビルの底地の面積を規制する。モデルには以下のような仮定がある。

(a) 2 つのゾーン($i=1,2$)が存在し、各ゾーンの敷地面積はそれぞれ \bar{A}_1, \bar{A}_2 で固定される。

(b) 主体として家計、企業、Developer が存在する。

(c) すべての住民が所得を得るために労働を行う。

(d) ゾーン間の移動コストは存在せず、従業者、居住者は効用水準の高いゾーンに移住する。

(e) すべての人は同質である。また事業所も同質である。

(f) 家計の効用水準を高めるために 2 つのゾーンで床面積規制、敷地面積規制を行う。モデルでは各ゾーンの用途別床面積供給量 $\bar{F}_1^h, \bar{F}_2^h, \bar{F}_1^f, \bar{F}_2^f$ 、用途別敷地

*キーワード：都市計画、土地利用

**正員、博士(学術)、東北大学大学院工学研究科

(仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL022-795-7501

E メール kono@plan.civil.tohoku.ac.jp)

***学生員、東北大学大学院情報科学研究科

(仙台市青葉区荒巻字青葉 06 TEL022-795-7501

E メール yoowy1@plan.civil.tohoku.ac.jp)

面積供給量 $\bar{a}_1^h, \bar{a}_1^f, \bar{a}_2^f$ を政策変数とする。

(g) 社会資本整備は固定する。

最適な土地利用規制は両ゾーンの住民の効用を最大にする土地利用規制と定義する。なお外部不経済としては人口に応じたものを対象とする。都市部で、人口に応じて発生する外部不経済としては交通混雑や騒音がある。

a) 家計の行動

準線形の効用関数 V_i を仮定する。各ゾーン i の面積 \bar{A}_i 、社会資本 \bar{I}_i 、ゾーン固有の魅力 \bar{e}_i は固定されており、 g_i は各ゾーンの居住人口 N_i 、従業人口 l_i に依存する各ゾーンの混雑外部性を表す。このような外部性の例として、交通混雑、騒音が挙げられる。家計の行動は式(1a)～式(1d)で表される。

$$V_i = \max_{x_i^h, f_i^h} u_i(f_i^h, g_i, \bar{e}_i) + x_i^h \quad (1a)$$

$$s.t. \quad x_i^h + r_i^h f_i^h = w_i + \frac{1}{N} \left\{ \pi^f + \pi^d + \sum_{i,k} R_i^k \bar{a}_i^k \right\} \quad (1b)$$

$$g_i = g(N_i, l_i, \bar{I}_i) \quad (1c)$$

$$\frac{\partial g_i}{\partial N_i} > 0, \quad \frac{\partial u_i}{\partial g_i} < 0 \quad (1d)$$

x_i^h : i ゾーンの各家計の合成財需要、 f_i^k : i ゾーンの用途 k の一人あたりの床面積需要、 \bar{a}_i^k : i ゾーンの用途 k の敷地面積供給量、 r_i^k : i ゾーンの用途 k の床面積価格、 w_i : i ゾーンの賃金、 R_i^k : i ゾーンの用途 k の地代、 \bar{N} : 全人口、($i=1,2$)

なお、スーパースクリプト h, f, d はそれぞれ、家計、企業、デベロッパーに関する変数であることを示す。 $k = h, f$ は土地の用途として居住用、事業所用を示す。

b) 企業の行動

企業は式(2a)に示す利潤最大化行動をとる。式(2b)で表される1次同次関数の生産関数式を仮定する。

$$\pi_i^f = \max_{X_i^f, l_i^f} \left\{ X_i^f - w l_i^f - r_i^f f_i^f \right\} \quad (2a)$$

$$s.t. \quad X_i^f = X_i^f(l_i^f, f_i^f, g_i) \quad (2b)$$

X_i^f : 合成財供給、 f_i^f : 事業所の床面積需要

式(2a)で示される企業の利潤最大化行動は床面積 \bar{F}_i^k が指定される場合、企業の生産にかかる費用を C_i^f とすると、式(2c)(2d)のような各ゾーンでの費用最小化行動と解釈できる。

$$C_i^f = \min_{l_i^f, f_i^f} \left\{ r_i^k \bar{F}_i^k - (x_i^{dk} + R_i^k \bar{a}_i^k) \right\} \quad (2c)$$

$$s.t. \quad X_i^k = X_i^k(l_i^f, f_i^f, g_i) \quad (2d)$$

c) Developer の行動

Developer は複数存在し、完全競争を仮定する。式(3b)は床面積生産関数を表す。用途別床面積規制下では \bar{F}_i^k

が指定される。

$$\pi_i^{dk} = \max_{x_i^{dk}} \left\{ r_i^k \bar{F}_i^k - (x_i^{dk} + R_i^k \bar{a}_i^k) \right\} \quad (3a)$$

$$s.t. \quad \bar{F}_i^k = F^k(x_i^{dk}, \bar{a}_i^k) \quad (3b)$$

ただし、 \bar{F}_i^k : i ゾーンの用途 k の床面積供給量
 x_i^{dk} : Developer の i ゾーンの用途 k の合成財需要

d) 市場均衡

市場均衡式は以下ようになる。

$$\sum_i (N_i x_i^h) + \sum_{i,k} x_i^{dk} = X_1^f + X_2^f \quad (4a)$$

$$N_i f_i^h = \bar{F}_i^h \quad l_i f_i^f = \bar{F}_i^f \quad (i=1,2) \quad (4b)$$

$$\sum_k \bar{a}_i^k = \bar{A}_i \quad (i=1,2) \quad (4c)$$

$$\sum_i l_i = \bar{N} \quad (4d)$$

$$V_1 = V_2 \quad (4e)$$

$$w_1 = w_2 \quad (4f)$$

(2) 厚生の変化

個人はすべて同質であるから、個人の効用最大化と、社会的便益 $B (= \sum_i N_i V_i)$ を最大化することは同義である。そこで、この経済の内生変数による社会的便益 B の変化を考察する。社会的便益の変化 dB は家計、企業、Developer の行動と市場均衡式から式(5a)のようになる。

$$\begin{aligned} dB = & \left(N_1 \frac{\partial u_1}{\partial N_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial N_2} \right) dN_1 + \left(N_1 \frac{\partial u_1}{\partial l_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial l_2} \right) dl_1 \\ & - \left(\frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial N_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial N_2} \right) dN_1 - \left(\frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial l_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial l_2} \right) dl_1 \\ & + \sum_{i,k} \left[r_i^k - \frac{\partial x_i^k(\bar{F}_i^k, \bar{a}_i^k)}{\partial \bar{F}_i^k} \right] d\bar{F}_i^k \\ & - \sum_i \left(\frac{\partial x_i^h(\bar{F}_i^h, \bar{a}_i^h)}{\partial \bar{a}_i^h} - \frac{\partial x_i^f(\bar{F}_i^f, \bar{a}_i^f)}{\partial \bar{a}_i^f} \right) d\bar{a}_i^h \end{aligned} \quad (5a)$$

式(5a)の各項の意味をそれぞれ次に述べる。

1項目 $\left(N_1 \frac{\partial u_1}{\partial N_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial N_2} \right) dN_1$: 居住者の移住が家計の効用に与える変化を示す。

2項目 $\left(N_1 \frac{\partial u_1}{\partial l_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial l_2} \right) dl_1$: 従業者の従業地移動が家計の効用に与える変化を示す。

3項目 $\left(\frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial N_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial N_2} \right) dN_1$: 居住者の移住が事業所の生産に与える変化を示す。

4項目 $\left(\frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial N_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial N_2} \right) dN_1$: 従業者の従業地移動

が事業所の生産に与える変化を示す。

5項目 $\sum_{i,k} \left\{ r_i^k - \frac{\partial x_i^k(\bar{F}_i^k, \bar{a}_i^k)}{\partial \bar{F}_i^k} \right\} d\bar{F}_i^k$: 土地のレントの需要

曲線と床面積に対する限界費用曲線との差を示している。

6項目 $\sum_i \left\{ \frac{\partial x_i^h(\bar{F}_i^h, \bar{a}_i^h)}{\partial \bar{a}_i^h} - \frac{\partial x_i^f(\bar{F}_i^f, \bar{a}_i^f)}{\partial \bar{a}_i^f} \right\} d\bar{a}_i^h$: 各ゾーン

での敷地面積による家計の合成財需要と企業の合成財需要の限界費用の差を示す。

(3) 最適条件式

社会的便益Bを最大化するように規制される用途別床面積供給量 $\bar{F}_1^h, \bar{F}_1^f, \bar{F}_2^h, \bar{F}_2^f$ と用途別敷地面積供給量 $\bar{a}_1^h, \bar{a}_2^h, \bar{a}_1^f, \bar{a}_2^f$ を最適床面積, 最適敷地面積と定義する。用途別床面積に供給量に関する一階条件は式(6a)となる。用途別敷地面積供給量については式(6b)となる。

ここで $\bar{a}_i^h + \bar{a}_i^f = \bar{A}_i$ (一定) であるので式(6b)は \bar{a}_1^h, \bar{a}_2^h のみの条件となっている。

$$\frac{\partial B}{\partial Z_i^k} = \Delta G^{HH} \frac{dN_1}{dZ_i^k} - \Delta G^{HO} \frac{dN_1}{dZ_i^k} + \Delta G^{OH} \frac{dl_1}{dZ_i^k} - \Delta G^{OO} \frac{dl_1}{dZ_i^k} + r_i^k - \frac{\partial x_i^k(\bar{F}_i^k, \bar{a}_i^k)}{\partial Z_i^k} = 0 \quad (Z_i^k = \bar{F}_1^h, \bar{F}_1^f, \bar{F}_2^h, \bar{F}_2^f) \quad (6a)$$

$$\frac{\partial B}{\partial \bar{a}_i^h} = - \left(\frac{\partial x_i^h(\bar{F}_i^h, \bar{a}_i^h)}{\partial \bar{a}_i^h} - \frac{\partial x_i^f(\bar{F}_i^f, \bar{a}_i^f)}{\partial \bar{a}_i^f} \right) = 0 \quad (i=1,2) \quad (6b)$$

なお, 表記の簡単化のために外部性の差分を以下のように示した。

ゾーン1の居住者の移動とゾーン2の居住者の移動が家計の効用に与える外部性の差

$$\Delta G^{HH} \equiv N_1 \frac{\partial u_1}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial N_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial N_2}$$

ゾーン1の居住者の移動とゾーン2の居住者の移動が企業の生産に与える外部性の差

$$\Delta G^{HO} \equiv \frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial N_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial N_2}$$

ゾーン1の従業者の移動とゾーン2の従業者の移動が家計の効用に与える外部性の差

$$\Delta G^{OH} \equiv N_1 \frac{\partial u_1}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial l_1} - N_2 \frac{\partial u_2}{\partial l_2} \frac{\partial g_2}{\partial l_2}$$

ゾーン1の従業者の移動とゾーン2の従業者の移動が企業の生産に与える外部性の差

$$\Delta G^{OO} \equiv \frac{\partial C_1^f}{\partial g_1} \frac{\partial g_1}{\partial l_1} - \frac{\partial C_2^f}{\partial g_2} \frac{\partial g_2}{\partial l_2}$$

式(6a), (6b)を同時に満たす政策が社会厚生を最大化する。次にどのような政策をすればよいのかを用途別床面積

積, 用途別敷地面積に関して検討する。

a) 最適条件式を満たす用途別床面積規制

最適な床面積規制を考察するため床面積供給量の市場均衡からの乖離を示す \tilde{F}_i^k を用いる。 \tilde{F}_i^k は図-1で示すように規制されている床面積供給量が市場均衡の床面積と比べ多いか少ないかを示す。 $\tilde{F}_i^k > 0$ であれば, 市場均衡より大きく床面積を規制し, $\tilde{F}_i^k < 0$ であれば市場均衡より小さく床面積を規制する。ここで最適条件式を満たす床面積供給量が市場均衡よりも大きい小さいかを検討し, 最適用途別床面積規制を求める。

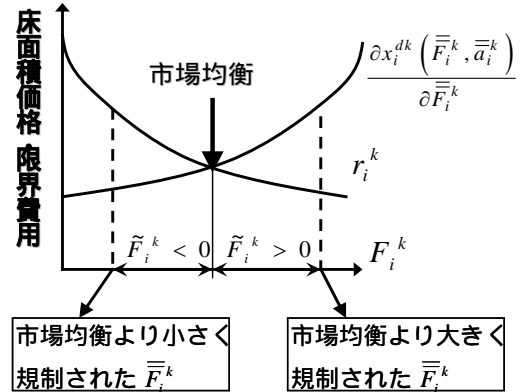


図-1 市場均衡からの乖離

今, 最適条件式(5a)の

$$\Delta G^{HH} \frac{dN_1}{dZ_i^k} - \Delta G^{HO} \frac{dN_1}{dZ_i^k} + \Delta G^{OH} \frac{dl_1}{dZ_i^k} - \Delta G^{OO} \frac{dl_1}{dZ_i^k}$$

の部分が負であるとする。この時, $\frac{\partial B}{\partial Z_i^k} = 0$ となるには

$$r_i^k - \frac{\partial x_i^k(\bar{F}_i^k, \bar{a}_i^k)}{\partial Z_i^k} \text{ の値を正にする必要がある。}$$

そのためには床面積供給量 \bar{F}_i^k を市場均衡で決まる値より小さくする必要がある。 $\tilde{F}_i^k < 0$ とすることで, 床面積価格が床面積価格の限界費用を上回り, $r_i^k - \frac{\partial x_i^k(\bar{F}_i^k, \bar{a}_i^k)}{\partial Z_i^k}$ が正となる。このように, 家計の効用と企業の生産に与える外部性の大きさの条件により, 最適な規制を検討していく。

$\tilde{F}_i^k > 0$ とする政策の場合, 市場均衡より大きな床面積供給量にするために最低容積率規制を行う。 $\tilde{F}_i^k < 0$ とする政策の場合, 市場均衡より小さい床面積供給量にするために最高容積率規制を行う。

b) 最適条件式を満たす用途別敷地面積規制

敷地面積に関する最適条件式(6b)を満たすには, 居住用の敷地面積供給の限界費用と事業所用の敷地面積供給の限界費用が一致する必要がある。

ここでこの最適条件を市場均衡と比較する。まず用途別敷地面積の決定を市場に任せた状態を式(3a)を用いて表現する。市場に任せるということは Developer が敷地

面積を用途別に自由に分割できるので、式(3a)の制御変数として敷地面積供給量 \bar{a}_i^k を追加する。すると敷地面積に関する一階条件から Developer は敷地面積供給の限界費用が地代と等しくなるように開発することがわかる。ここで地主はより高い付け値の用途に利用する Developer に土地を売るため、結果としてゾーンの事業所用と居住用の敷地面積の地代は等しくなる。よって市場に用途別敷地面積の決定を任せただけの場合、Developer は居住用と事業所用の敷地面積供給の限界費用が等しくなるように開発する。ゆえに市場均衡において式(6b)が達成される、すなわち用途別床面積規制が行われていても用途別敷地面積規制は行わず、市場均衡に任せるべきであることがわかる。

3. 最適用途別床面積規制と用途別敷地面積規制

最適用途別床面積規制は規制によって発生する外部性の特徴によって場合分けが必要となる。

まず、ゾーン1の居住者の移動とゾーン2の居住者の移動が家計の効用に与える外部性の差、 ΔG^{HH} と、ゾーン1の居住者の移動とゾーン2の居住者の移動が企業の生産に与える外部性の差、 ΔG^{HO} との差分 $\Delta G^{HH} - \Delta G^{HO}$ の値の正負による場合分けが必要である。

次に、ゾーン1の従業者の移動とゾーン2の従業者の移動が家計の効用に与える外部性の差、 ΔG^{OH} と、ゾーン1の居住者の移動とゾーン2の居住者の移動が企業の生産に与える外部性の差、 ΔG^{OO} との差分 $\Delta G^{OO} - \Delta G^{OH}$ の値の正負による場合分けが必要である。

よってこれら2つの条件の場合分けを行い、それぞれの条件においての最適用途別床面積規制を検討する。

表-1: 最適用途別床面積規制

外部性の特徴	必要な床面積規制			
	ゾーン1		ゾーン2	
	居住所	事業所	居住所	事業所
$\Delta G^{HH} - \Delta G^{HO} > 0$	最低容積	最高容積	最高容積	最低容積
$\Delta G^{OO} - \Delta G^{OH} > 0$	率規制	率規制	率規制	率規制
$\Delta G^{HH} - \Delta G^{HO} < 0$	最高容積	最低容積	最低容積	最高容積
$\Delta G^{OO} - \Delta G^{OH} < 0$	率規制	率規制	率規制	率規制

表-1に用途別床面積規制の検討結果の一部を示した。発生する外部性の条件により、各ゾーンの用途ごとに最高または最低容積率規制が必要であることがわかる。河野他(2002)²においてもゾーンごとに最高または最低

容積率規制が必要であることが示された。しかし、河野他(2002)²においてはビル用途を居住用のみとしており、今回、用途を居住用と事業所用と分けて考えても、ゾーンに一律な規制ではなく、それぞれのゾーンごとに異なった規制が必要であることが示された。

また、表-1に示した以外の場合について、つまり外部性の特徴が $\Delta G^{HH} - \Delta G^{HO} > 0$ かつ $\Delta G^{OO} - \Delta G^{OH} < 0$ のとき、そして $\Delta G^{HH} - \Delta G^{HO} < 0$ かつ $\Delta G^{OO} - \Delta G^{OH} > 0$ のときではさらに外部性の絶対値の大きさにより場合分けが必要となる。しかし、この2つの場合にも各ゾーンの用途ごとに異なる規制が必要であることがわかった。つまり、ゾーン1の居住用床面積に最低容積率規制を行う場合、ゾーン2の居住用床面積には必ず最高容積率規制を行う。

このように2つのゾーンで用途ごとに必ず最高容積率規制と最低容積率規制の両方を行わなくては最適土地利用規制とならないがわかった。一方、現在の都市計画では、一般に最高容積率規制のみを行っている。

また、用途別敷地面積規制に関しては最適用途別床面積規制が行われていると、規制を行わず、市場均衡で最適になることがわかった。だが、現在の都市計画では用途地域を定めることで用途別敷地面積規制を行っている。

4. 結論

都市部の混雑外部性に対処するための用途別床面積規制は用途別の最低、最高規制の両方が必要である。実際の都市計画では、高度利用地区として、最低容積率規制の指定も可能である。しかし高度利用地区の指定の意図は本研究のものと異なる。また、ほとんどのゾーンで容積率規制は用途規制と連動して最高容積率規制のみを用いて規制している。しかし、本論文では各用途別の最高および最低床面積規制を行うべきであることがわかった。また最適用途別床面積規制が行われている場合、社会的便益を最大にするためには用途別敷地面積は市場均衡に任せ、政府は用途別敷地面積規制をすべきではない。この点も実際の都市計画とは異なっている。

参考文献

- 1) Fujita, M.: Neighborhood externalities and traffic congestion, *Urban economic theory*, Cambridge university press, 1989.
- 2) 河野達仁, 金子貴之, 森杉壽芳: 最適土地利用密度規制の設計に関する基礎的研究, 土木学会論文集 No.695/IV-54, pp.77-90 (2002.1)