

都市道路プロジェクト評価における容積率緩和効果の取扱い
Treatment of FAR controls in the urban road project evaluation

金子貴之*, 河野達仁**, 森杉壽芳***
By Takayuki KANEKO*, Tatsuhito KONO**, Hisayoshi MORISUGI***

1. 本研究の目的

都市活動を行うためには道路をはじめとする都市施設が必要であり、都市機能を効率化させるには都市施設と土地利用とのバランスが重要である。しかし、現状は土地利用の高度化に道路建設が追いつかず、それに伴って外部不経済である交通混雑が発生している。容積率規制は都市空間をコントロールし、土地利用を規制することによる交通外部不経済対策の代替策となることを主な目的として採用されていると考えられる¹⁾²⁾。

本研究では道路混雑による外部不経済²⁾を抑制する容積率と道路投資との関係を明示化することを目的に、2地域2変数の一般均衡モデルを構築し、EVを最大化する適正容積率、適正道路容量が満足すべき条件を導く³⁾。これにより、交通混雑が発生している状況で実際の容積率が規制容積率に達していない場合、過大な容積率で規制が行われていることを示す、更に道路整備に伴う容積率緩和効果について考察し、プロジェクト評価法における容積率緩和効果の取扱いについて述べる。

2. 都市モデルの構築

(1) モデルの仮定

- ①社会は2ゾーン($i=1,2$)からなる閉空間より構成され、 $\bar{N}$ 個の家計、2つの企業（私的生産部門と Developer 部門）が存在し、政府が道路容量及び床面積（容積率）を決定する。
- ②家計は予算・時間制約下で効用最大化行動をし、2ゾーン間の効用が等しくなるように自由に移住する。またゾーン間の移住費用はゼロと

- し、私的交通は居住ゾーン内のみに帰着する。
- ③私的生産企業は生産関数に基づき時間制約下で、利潤最大化行動をする。1つの企業が2ゾーン内に自由な規模で立地し、業務交通は立地ゾーン内のみに帰着する。
- ④Developer は床面積（容積率）規制下で利潤最大化行動をし、2ゾーンに床面積を供給する。

(2) 変数と記号

主な変数・記号を表1に示す。—は固定、 i はゾーンを示し、小文字は需要量、大文字は供給量を示す。

表 1. 変数と記号

	需要量 (供給量)				価格
	家計	企業	Developer	交通	
合成財	x_i	(X)	x_{fi}	0	1
床面積	f_{hi}	f_i	($\bar{F}_i$)	0	r_i
土地	($\bar{K}_i$)	0	k_{fi}	0	R_i
交通	z_{hi}	z_i	0	(Z_i)	q_i
労働	(L_i)	l_i	l_{fi}	0	w
利潤		π	π_f	0	

(3) 交通所要時間

交通混雑を表現するために、交通所要時間 t_i を式(1)により表現する。

$$t_i = t(Z_i, \alpha_i(I_i)) \tag{1}$$

ただし、 α_i : 道路容量

I_i : 道路投資額

(4) 家計の行動

i ゾーンに住む家計の効用関数を式(2)により表現する。

$$V_i = \max_{x_i, f_{hi}, z_{hi}, A_i, L_i} u(x_i, f_{hi}, z_{hi}, A_i) \tag{2a}$$

$$s.t. \quad x_i + r_i f_{hi} = w L_i + \frac{1}{N} \left\{ \pi + \pi_f + \sum_t R_t \bar{K}_t - \sum_t I_t \right\} \tag{2b}$$

$$t(Z_i, \alpha_i) z_{hi} + L_i + A_i = \bar{T} \tag{2c}$$

$$\Omega_i = w \bar{T} + \frac{1}{N} \left\{ \pi + \pi_f + \sum_t R_t \bar{K}_t - \sum_t I_t \right\} \tag{2d}$$

ただし、 A_i : 余暇時間

$\bar{T}$: 所有時間

キーワード：公共事業評価法、整備効果計測法、都市計画
* 学生員、東北大学大学院情報科学研究科
** 学生員、工修、東北大学大学院情報科学研究科
*** 正員、工博、東北大学教授 大学院情報科学研究科
(〒980-8579 仙台市青葉区荒巻字青葉 06,
TEL 022-217-7502, FAX 022-217-7500)

Ω_i : 一般化所得

式(2b)では、利潤や地代、道路投資がすべての家計に等分に配分、分配されていると仮定している。式(2c)の L_i を式(2b)に代入すると時間価値 ω の一般所得制約式となり、これを解くと需要・供給関数を得る。

(5) 私的生産企業の行動

企業の利潤最大化行動を式(4)で定式化する。

$$\pi = \max_{X, f_i, z_i, nl_i} \left\{ X - \sum_i (r_i f_i + w_i l_i) \right\} \quad (4a)$$

$$s.t. \quad X = X(f, z, nl) \quad (4b)$$

$$l_i = nl_i + t(Z_i, \alpha_i) z_i \quad (4c)$$

ただし、 l_i : 労働需要量 (雇用労働時間)

nl_i : 実労働時間

式(4c)は労働時間が実労働時間と交通時間から構成されているとする。

(6) Developerの行動

Developer は規制容積率を供給するという条件の下で、費用最小化行動を行うとして式(5)で表す。

$$C_f = \min_{x_f, k_f, l_f} \sum_i (x_{fi} + R_i k_{fi} + w l_{fi}) \quad (5)$$

$$s.t. \quad \bar{F} = \bar{F}(x_f, k_f, l_f)$$

ただし、 $\bar{F}_i$: 規制下の床面積供給量

(7) 市場均衡条件

市場均衡条件式は以下に示すものとする。

$$\text{合成財} : \sum_i (N_i x_i + x_{fi}) = X, \quad \text{土地} : k_{fi} = \bar{K}_i$$

$$\text{床面積} : N_i f_{hi} + f_i = \bar{F}_i, \quad \text{交通} : Z_i = N_i z_{hi} + z_i$$

$$\text{労働} : \sum_i (N_i l_i) = \sum_i (l_i + l_{fi}), \quad \text{家計数} : \sum_i N_i = \bar{N}$$

$$\text{効用} : V_1 = V_2 \quad (6)$$

ただし、 N_i : 各ゾーンの家計数

(8) 便益の定義

式(7)で定義される等価的偏差 EV を用いる。

m は変化前、 n は変化後を示す。

$$\begin{aligned} EV_i &= e(q_i^m, V(q_i^m, \Omega_i^m)) - e(q_i^n, V(q_i^n, \Omega_i^n)) \\ &= \int_{V^n}^{V^m} \frac{\partial e_i}{\partial V_i} dV_i \end{aligned} \quad (7)$$

ただし、 q_i : 一般化価格

e_i : 支出関数

以下ではゾーン1の適正道路容量及び適正容積率について考察する。ゾーン2に対する道路投資、容積率変化はないものとする。

$$dI_2 = 0, d\bar{F}_2 = 0 \quad (8)$$

両ゾーンの所得の限界効用が等しいとすると、式(1)~(5)で表される各主体の最適行動より、容積率、道路容量の変化に伴う両ゾーンの EV の総和が式(9)のように表現できる。

$$\begin{aligned} \sum EV &= \int_{\bar{F}_1^m \rightarrow \bar{F}_1^n} \int_{\alpha_1^m \rightarrow \alpha_1^n} e_{\alpha_1} \times \\ &\left\{ \begin{aligned} &[-dI_1 + (-N_1 f_{h1} - f_1 + \bar{F}_1) d\alpha_1 + (-N_2 f_{h2} - f_2 + \bar{F}_2) d\alpha_2] \\ &+ (-k_{f1} + \bar{K}_1) dR_1 + (-k_{f2} + \bar{K}_2) dR_2 \\ &+ (N_1 L_1 - l_1 - l_{f1}) dw + (N_2 L_2 - l_2 - l_{f2}) dw \\ &+ (-N_1 z_{h1} - z_1) w \frac{\partial t_1}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 + (r_1 - \frac{\partial C_f}{\partial \bar{F}_1}) d\bar{F}_1 \\ &+ (-N_1 z_{h1} - z_1) w \frac{\partial t_1}{\partial Z_1} \frac{\partial Z_1}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 + (-N_2 z_{h2} - z_2) w \frac{\partial t_2}{\partial Z_2} \frac{\partial Z_2}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 \\ &+ (-N_1 z_{h1} - z_1) w \frac{\partial t_1}{\partial Z_1} \frac{\partial Z_1}{\partial \bar{F}_1} d\bar{F}_1 + (-N_2 z_{h2} - z_2) w \frac{\partial t_2}{\partial Z_2} \frac{\partial Z_2}{\partial \bar{F}_1} d\bar{F}_1 \end{aligned} \right\} \end{aligned}$$

$$\text{ただし、} e_{\alpha_1} = \frac{\partial e_1}{\partial V_1} \frac{\partial V_1}{\partial \alpha_1} \quad (9)$$

式(9)に一般均衡条件式(6)を代入すると式(10)に変形でき、いわゆるショートカット公式を得ることができる。

$$EV = \int_{\bar{F}_1^m \rightarrow \bar{F}_1^n} \int_{\alpha_1^m \rightarrow \alpha_1^n} e_{\alpha_1} \left\{ \begin{aligned} &r_1 d\bar{F}_1 - \frac{\partial C_f}{\partial \bar{F}_1} d\bar{F}_1 - (N_1 z_{h1} + z_1) w \frac{\partial t(Z_1, \alpha_1)}{\partial Z_1} dZ_1 \\ &- (N_2 z_{h2} + z_2) w \frac{\partial t(Z_2, \alpha_2)}{\partial Z_2} dZ_2 - (N_1 z_{h1} + z_1) w \frac{\partial t(Z_1, \alpha_1)}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

(9) 便益帰着構成表

主体間の分配構造を見るため、便益帰着構成表を表2に示す。表2の各値は式(9)に基づく。

3. 適正解

両ゾーンの EV の総和を最大化する効率的な床面積・道路容量を適正と定義する。

(1) 道路容量一定下の適正容積率

ゾーン1の新たな公共投資がない時、式(10)より、ゾーン1の床面積変化による EV は式(11)で表される。

$$\sum EV = \int_{\bar{F}_1^m \rightarrow \bar{F}_1^n} e_{\alpha_1} \left\{ \begin{aligned} &r_1 d\bar{F}_1 - \frac{\partial C_f}{\partial \bar{F}_1} d\bar{F}_1 - (N_1 z_{h1} + z_1) w \frac{\partial t(Z_1, \alpha_1)}{\partial Z_1} dZ_1 \\ &- (N_2 z_{h2} + z_2) w \frac{\partial t(Z_2, \alpha_2)}{\partial Z_2} dZ_2 \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

ゾーン 1 の道路容量 α_1 に対する適正床面積は式(12)で与えられ、式(11),(12)より適正床面積条件式(13)が導出される。

$$dI_1 = 0, \frac{\partial EV}{\partial \bar{F}_1} = 0 \quad (12)$$

$$r_1 \frac{\partial C_1}{\partial \bar{F}_1} = (N_1 z_{k1} + z_1) w \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial \bar{F}_1} \frac{\partial Z_1}{\partial \bar{F}_1} + (N_2 z_{k2} + z_2) w \frac{\partial(Z_2, \alpha_2)}{\partial \bar{F}_1} \frac{\partial Z_2}{\partial \bar{F}_1} \quad (13)$$

式(13)の左辺はゾーン 1 の床面積増加による容積率規制の死荷重の減少量、右辺第 1 項及び第 2 項は、それぞれゾーン 1 の床面積増加によって誘発・開発される交通によるゾーン 1 の交通外部不経済の増加量、及びゾーン 2 の減少量を表す。都市全体では限界死荷重と限界交通外部不経済が等しくなった時、つまり、死荷重と交通外部不経済の総和が最小になる時が、ゾーン 1 の適正床面積である。 $\bar{F}_1$ を $\bar{K}_1$ で除することにより適正容積率が導かれる。これより交通混雑が発生している状況において、必ず容積率規制が必要となることがわかる。図 1 に表すように、静学的に見て交通混雑が存在するのに規制容積率 $\bar{F}_m$ に実際の容積率 F_m^* が達していない場合、規制容積率を $\bar{F}_m$ に下げると死荷重、外部不経済の総和が減少するため、現在の規制容積率は高すぎると言える。

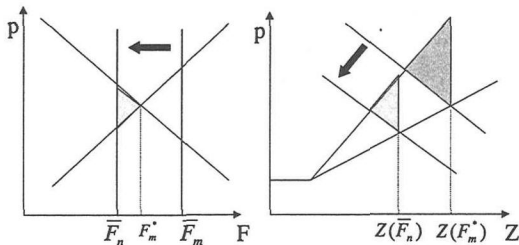


図 1. 死荷重(左図)と交通外部不経済(右図)

ところで、現実には過去の研究の蓄積により式(13)の右辺は交通土地利用モデルにより計測する方法が開発されている。一方、左辺は容積率規制によって生じている床賃料と限界費用の差分(超過利潤)の発生分を示しており、この計測事例はほとんどないと考えられる。今後に残された大きな課題であることを指摘しておく。

(2) 容積率一定下の適正道路容量

ゾーン 1 の容積率が一定であるとき、ゾーン

1 の道路容量の変化に伴う EV は式(14)で表される。

$$\Sigma EV = \int_{\alpha_1^*}^{\alpha_1} \left[- (N_1 z_{k1} + z_1) w \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 - (N_2 z_{k2} + z_2) w \frac{\partial(Z_2, \alpha_2)}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 \right] d\alpha_1 \quad (14)$$

ゾーン 1 の床面積 $\bar{F}_1$ に対する適正道路容量は式(15)で与えられ、式(14),(15)より適正道路容量条件式(16)が導出される。

$$d\bar{F}_1 = 0, \frac{\partial EV}{\partial \alpha_1} = 0 \quad (15)$$

$$- (N_1 z_{k1} + z_1) w \left\{ \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial \alpha_1} + w \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial \bar{F}_1} \frac{\partial \bar{F}_1}{\partial \alpha_1} \right\} - (N_2 z_{k2} + z_2) w \frac{\partial(Z_2, \alpha_2)}{\partial \alpha_1} \frac{\partial Z_2}{\partial \alpha_1} = \frac{dI_1}{d\alpha_1} \quad (16)$$

式(16)の左辺第 1 項はゾーン 1 の道路容量増加によるゾーン 1 の交通外部不経済の減少量、左辺第 2 項はゾーン 1 の道路容量増加によるゾーン 2 の交通外部不経済の減少量、右辺はゾーン 1 の道路容量増加に伴う道路投資費用の増加量を表す。限界交通外部不経済と限界道路投資費用が等しくなった時、つまり外部不経済と道路投資費用の総和が最小になる時が、ゾーン 1 の適正道路容量である。

(3) 最適解

適正容積率条件・適正道路容量条件を同時に満たす社会的に最も望ましい同時適正解を最適解と定義すると、最適解は式(13),(16)の連立方程式の解として求まる。任意の道路容量に対する適正容積率、任意の床面積に対する適正道路容量を図示すると、図 2 のようになる。2 つの曲線が交差する点が最適解となる。

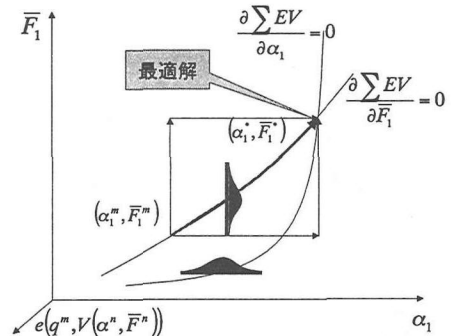


図 2. 適正容積率と適正道路容量

4. 道路投資プロジェクトの評価法

(1) 都市道路プロジェクトの便益計測

床面積・道路容量変化による便益は式(10)により計測される。容積率・道路容量は共に政策変数であり、任意に変化させることができる。また、適正容積率規制が任意の道路容量に対して最適であることを考えると、適正容積率条件式(13)を常に満たしながらプロジェクトを実行する事が望ましい。

(2) 適正容積率下の便益計測

道路容量を変化させると適正容積率は式(13)の条件式に基づいて変化する。したがってこの時の EV は式(13),(10)から導出される式(17)で計測される。

$$\sum EV = \int_{\alpha_1}^{\alpha_2} \left\{ \begin{aligned} &-(N_1 z_{A1} + z_1) \nu \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial Z_1} \frac{\partial Z_1}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 - (N_2 z_{A2} + z_2) \nu \frac{\partial(Z_2, \alpha_2)}{\partial Z_2} \frac{\partial Z_2}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 \\ &-(N_1 z_{A1} + z_1) \nu \frac{\partial(Z_1, \alpha_1)}{\partial \alpha_1} d\alpha_1 - dI_1 \end{aligned} \right\} \quad (17)$$

式(17)中の変数はすべて適正容積率条件下の値であり、F の変化による項を除いている点が式(10)と異なっている。EV は式(13)を満たす積分経路 c に従い、道路容量の変化 $\alpha_1^* \rightarrow \alpha_1^*$ により計測される。つまり、現在の床面積の下での道路利用者便益ではなく、道路容量変化に伴う適正床面積の変化も考慮した便益によって計測される。式(17)に基づく、EV が正である限りプロジェクトの実行価値があり、最適解への移行が容易である。ただし、式(13)により任意の道路容量下での最適な容積率を想定し、指

定する必要がある。

5. 結論

本研究では交通外部不経済対策の容積率について考察し、任意の道路容量・容積率に対する適正容積率条件、適正道路容量条件を求めた。適正容積率条件では、容積率規制による限界死荷重と限界交通外部不経済が等しくなる。これより、混雑存在下で実際の容積率が規制容積率に達していない場合、規制容積率が高すぎると言える。一方、適正道路容量条件では、限界交通外部不経済に限界道路投資費用が等しくなる。次に、道路投資プロジェクトにおける容積率緩和効果について述べ、評価法の一つとして常に適正容積率に沿った道路プロジェクトの評価法が望ましいことを示した。この方法は現在の容積率条件下で道路投資便益を計測するのではなく、道路と共に変化する適正容積率条件の下での土地利用・交通を考え、道路投資による便益を計測するプロジェクト評価法である。

今後は価格メカニズムを利用した交通外部不経済対策である混雑税との比較を行い、効率性・公平性等の検討を行っていきたい。

[主要参考文献]

- 1) 林宣嗣：都市問題の経済学，4章，pp.93~126，1993
- 2) 八田達夫：東京一極集中の経済分析，4章，pp.95~130，1994
- 3) 金本良嗣：都市経済学，8章，10章，pp.181~222, 269~312，1997
- 4) 森杉壽芳：社会資本整備の便益評価，2，3章 pp.13~52，1997

表 2. 便益帰着構成表 (BIT)

	ゾーン 1						ゾーン 2					計 1,2
	交通	家計	企業	Dev	地主	計 1	家計	企業	Dev	地主	計 2	
投資額	[1]					[1]					0	[1]
家賃便益		[2]	[3]	[4]		0	[5]	[6]	[7]		0	0
土地便益				[8]	[9]	0			[10]	[11]	0	0
労働便益		[12]	[13]	[14]		0	[15]	[16]	[17]		0	0
道路向上便益		[18]	[19]			[18+19]					0	[18+19]
外部不経済減 α		[20]	[21]			[20+21]	[22]	[23]			[22+23]	[20+21+22+23]
外部不経済減 F		[24]*	[25]*			[24+25]	[26]*	[27]*			[26+27]	[24+25+26+27]
容積率便益				[28]*		[28]					0	[28]
合計											略	$\sum EV$

*適正容積率下では[28]=[24]+[25]+[26]+[27]が成立する。