

オフィスビル再開発による生産性向上と 駅構内混雑による外部不経済の推定 ～東京都心3区を事例として～

武藤 智義¹・金子 雄一郎²・加藤 浩徳³

¹正会員 社会システム株式会社 (〒153-0043渋谷区恵比寿1-20-22 三富ビル6F)
E-mail:t.mutou85@gmail.com

²正会員 日本大学准教授 理工学部土木工学科 (〒101-8308 千代田区神田駿河台1-8-14)
E-mail: kaneko@civil.cst.nihon-u.ac.jp

³正会員 東京大学大学院教授 工学系研究科社会基盤学専攻 (〒113-8654 文京区本郷7-3-1)

本研究は、都市再開発地域における容積率規制緩和施策によって生じる企業の生産性向上便益と駅構内混雑による利用者不便益とを整合的に推計できる実用的手法を開発し、それを東京都心部に適用するものである。まず、生産性がオフィス賃料により代表できると仮定した上で、ヘドニックアプローチにより、地域特性やアクセシビリティ等からオフィス賃料を算定できるモデルを構築した。一方で、オフィスへの鉄道利用需要と近隣駅施設の容量とから、駅構内混雑を考慮しつつ通勤時間の増加を算出できるモデルを構築した。その上で、これらのモデルを、2013年から2018年までに大規模オフィスビルの竣工が予定されている東京駅周辺と虎ノ門エリアに適用した。その結果、東京駅周辺エリアで容積率を2000%まで引き上げた場合、賃料収入の変化は577億円/年、駅構内混雑による移動時間増加の外部不経済は9,222万円/年と推計された。

Key Words : *impacts of redeveloping, floor area ratio regulation, benefit of deregulation*

1. はじめに

近年東京都心部では、容積率等の規制緩和による都市開発が急速に進展している。これにより企業の集積が図られ、オフィス業務の生産性向上が期待される一方で、交通混雑に代表される外部不経済も発生している。特に、鉄道需要の多い東京都心部では、駅構内の混雑が深刻な問題となっている。駅構内の混雑はホーム上での旅客の滞留を発生させ、乗降時間を増加させるなど、都市全体の効率性を低下させる。

このような問題に対する解決策として、例えば森田ら¹⁾は、再開発により鉄道需要に過度な増加が見込まれる場合、容積率規制緩和等による開発利益の一部を駅整備に充当する方策を提案している。この方策は外部費用の内部化が図れ、社会的に望ましい状態に誘導できる方策であるが、具体的な検討にあたっては、容積率を緩和した際のビル開発者の利益と駅混雑による外部不経済を定量的に把握する必要がある。

容積率規制の緩和と交通混雑に関する既往研究として、八田ら²⁾は、容積率の緩和による生産性向上の便益を賃料上昇額とし計測し、道路混雑の費用と比較している。

森本ら³⁾は、道路交通の容量に着目し、混雑を発生させない容積率の上限を算出している。森田ら⁴⁾は、鉄道駅構内のボトルネック部に着目し、再開発による駅構内の混雑実態の把握を行い、都市開発との整合性を検討している。都市再生機構⁵⁾は、再開発による駅構内への影響把握し、駅改良を行った際の便益の計測と整備費用の試算を行っている。

このように、既往研究では容積率規制緩和による便益と鉄道駅構内の混雑について、個別の把握や計測は行われているが、両者を整合的に推定した研究は、著者が知る限り行われていない。

そこで本研究では、都心の再開発による容積率規制緩和によって生じる企業の生産性向上便益と駅構内混雑による利用者不便益を、統一のフレームで推定できるモデルを構築する。具体的にはまず、生産性がオフィス賃料で代表できるとの仮定の下、地域特性等からオフィス賃料を算定するモデルを構築する。次に、オフィスの鉄道利用需要と近接駅施設の容量を考慮し、通勤時間の増加を算定するモデルを構築する。以上のモデルを東京都心3区に適用し、容積率緩和による便益と外部不経済を推定する。

2. 本研究の構成

本研究で構築するモデルは大きく2つに分けることができる。一つは、容積率の緩和を受けて、容積率の変化量から生産性向上等の便益と労働者数の変化を推定するモデルである。もう一つは、労働者数の変化から各駅の降車需要を求め、駅構内混雑の影響を移動時間増加量として推定するモデルである。これらの構築モデルの概要を図1に示す。

本研究では、このモデルの構築を目的とし、3章では、オフィス賃料を算定するモデルを整理し、容積率緩和による便益と労働者数変化を推定するモデルを構築する。4章では、労働者数の変化から駅構内混雑による時間増加量の算出するモデルを構築する。5章ではこれらのモデルを東京都心3区に適用し、便益を推定する。

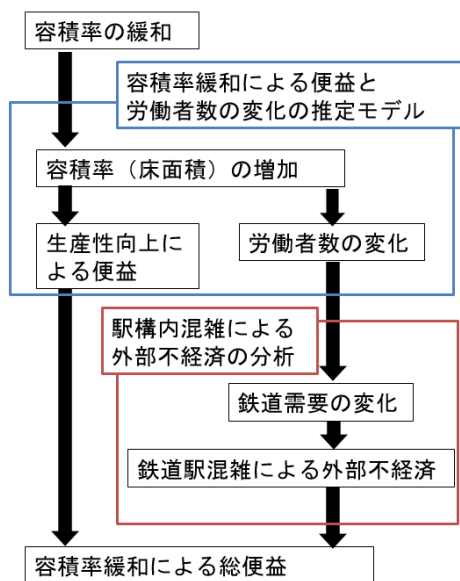


図1 構築モデルの概要

3. 容積率緩和による便益の推定

ここでは、八田ら²⁾のモデルを用いて容積率の緩和による生産性向上便益を賃料収入の上昇額として推定する。(1)では、企業とオフィスビル開発者の行動を特定化し、スペース市場の均衡条件を分析し、便益を定義する。(2)では、便益推定をするための推定モデルと推定結果を示す。

(1) 容積率規制とオフィスビル開発者の収益との関係分析

a) 企業の立地行動

企業が立地するCBD（中心的業務都市）が、J個の格

子状の区画に分けられているとする。立地点により業務効率性に差異があると想定し、オフィススペース s と雇用量 n を投入し、付加価値 y を生産する代表的企業のオフィス業務生産関数は、地区 j ($=1,2,\dots,J$) に立地する場合、式(1)と定義する。

$$y_j = F(s, n, v(N_j, M_j)) \quad (1)$$

ここで、 $v(N_j, M_j)$ は、地区 j に立地した企業の効率性指標を示している。多くの企業が集積する地点やその地点にアクセスしやすい地点では、業務移動のアクセス性が高く、業務効率性が向上し集積の便益が働く。このことを考慮し、 N_j ：地区 j の労働者数、 M_j ：地区 j 近接性のポテンシャルで表される。また、近接性ポテンシャルは、地区 j 以外の任意の地区 k の労働者数を移動時間距離 d の δ 乗で除したものの、全地区との合計とし、式(2)と定義する。

$$M_j = \sum_{k \neq j}^J N_k / d_{jk}^\delta \quad (2)$$

各企業は市場のオフィス賃料 R と賃金率 W に直面しており、 $v(N_j, M_j)$ を所与として、費用最小化行動よりオフィススペース s と雇用量 n を決定する。これは、式(1)、(2)より、式(3)として示すことができる。

$$\begin{aligned} \min_{s, n} R_j s + W n \\ \text{st. } F(s, v(N_j, M_j), n) = y \end{aligned} \quad (3)$$

ここで、市場が競争的である場合、ゼロ利潤状態となり、単位費用と財価格は等しくなる。このとき財価格を1とした場合、式(3)より付値賃料関数を式(4)と定義できる。

$$R_j = R(W, v(N_j, M_j)) \quad (4)$$

b) オフィスビル開発業者の行動

開発業者は、資本と敷地面積を投入して、床面積を生産する。ここで、資本と敷地面積の投入に関し一次同次と仮定した場合、床面積生産関数を式(5)と定義する。

$$q = q(k) \quad (5)$$

ここで、 q ：敷地面積当たりの床面積、 k ：資本土比率である。開発業者は市場で決定する金利 l と地代 r に直面しており、オフィス賃料による床面積当たりの収入 R を得る。容積率の規制が働いている場合、指定容積率 \bar{q} のもとで、 (q, k) を決定する開発業者の行動は、式(6)の利潤最大化問題として表現できる。

$$\begin{aligned} \max_{q,k} Rq - t - r \\ \text{st. } q(k) - q, q \leq \bar{q} \end{aligned} \quad (6)$$

式(6)の最適化条件より、容積率規制が拘束的な場合、開発業者は規制の上限まで床面積を供給するため、資本土地比率は指定容積率によって決定する。一方、容積率規制が非拘束的な場合、土地資本比率は賃料と金利により決定される。また、市場が競争的などとき開発業者の利潤は0のところまで均衡が達成されるので、地代は式(7)となる。

$$r = \begin{cases} R\bar{q} - tk(\bar{q}) & \text{拘束的な場合} \\ Rq(k(R,t)) - tk(r,t) & \text{非拘束的な場合} \end{cases} \quad (7)$$

ここでオフィス用途に土地を開発しない場合の地代を r^A とした場合、 $r \geq r^A$ が成立するとき土地をオフィス用途の開発が行われる。

c) 市場均衡と労働者分布の変化

企業の立地行動とオフィスビル開発業者の行動より、労働市場とスペース市場の需給均衡を整理する。ここでは、以下の仮定をおく。

仮定1：都市外部からの労働人口の流入は自由であり、全国水準の賃金率 W^* を所与とする。

仮定2：資本の移動は自由であり、全国水準の金利 t^* を所与とする。

仮定3：オフィスビル開発業者は同質的であり、床面積は各地区で集計的に生産される。

仮定4：各地区の利用可能敷地面積は一定であり、便宜上1に等しい。よって、地区 j の床面積供給量は容積率 q_j により測定ができる。

まず、スペース市場の需要を定義する。式(3)の費用最小化問題の解と式(4)の賃料関数より、一人当りオフィススペース \tilde{s} を式(8)として表現する。

$$\tilde{s}_j = \tilde{s}(W, N_j, M_j) \quad (8)$$

式(8)によって、地区 j のオフィススペースの集計需要は $\tilde{s}_j N_j$ と表現できる。

供給の定義は、 J 個の区画内の $1 \sim B$ では容積率規制が拘束的であり、 $B+1 \sim J$ では非拘束的であるとする。仮定4より賃金率、金利は全国水準のものを所与とする。このとき、地区 j におけるオフィススペースの市場均衡は式(9)として表現できる。

$$N_j \tilde{s}(W, N_j, M_j) = \begin{cases} \bar{q}_j & (j=1 \sim B) \\ q(R(W^*, v(N_j, M_j)), t^*) & (j=B+1 \sim J) \end{cases} \quad (9)$$

式(9)の J 本の方程式によって、内生変数 (N_1, N_2, \dots, N_J) が決定する。容積率規制が拘束的な地区では指定容積率を与えることで、式(10)のように解が特徴付けられる。

$$N_j^* = N^j(\bar{q}^B, W^*, t^*) \quad (10)$$

これによって、賃料、1人当りオフィススペース、オフィス供給量、地代が決定される。

次に、容積率規制緩和による労働者分布の変化を調べるために式(9)を全微分し、式(11)とする。

$$\hat{N}_j + (1 - \Gamma_j) \sum_{m=1}^J \varepsilon_{jm} \hat{N}_m = \begin{cases} \hat{q}_j & (j=1 \sim B) \\ 0 & (j=B+1 \sim J) \end{cases} \quad (11)$$

ここで、変数の $\hat{\cdot}$ 記号は相対変化 ($\hat{x} = dx/x$) を示し、 Γ_j は式(12)のように定義する。

$$\Gamma_j = \sigma_j + (\sigma_j + \eta_j) \zeta_j \quad (12)$$

ここで、 ε_{jm} ：労働者変化による効率性指標の弾性値、 σ_j ：スペース需要の代替弾性値、 η_j ：スペース供給の価格弾性値、 ζ_j ：要素費用比を示す。内生変数の相対変化に関する連立方程式を行列表示したものが式(13)となる。

$$E \hat{N} = \hat{q} \quad (13)$$

$$E = I + \begin{pmatrix} 1 - \Gamma_1 & & 0 \\ & \ddots & \\ 0 & & 1 - \Gamma_J \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \varepsilon_{11} & \cdots & \varepsilon_{1J} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \varepsilon_{J1} & \cdots & \varepsilon_{JJ} \end{pmatrix}$$

ここで、 I は単位行列であり、 \hat{N} 、 \hat{q} は労働者数と指定容積率の相対変化の対数行列であり、各地区の指定容積率の変化による労働者数の変化を示している。式(13)を解くことによって、任意地区における容積率変化による労働者数の相対変化を式(14)として表現できる。

$$\Psi_{jb} = \frac{\hat{N}_j}{\hat{q}_b} \quad (j=1 \sim J, b=1 \sim B, B < J) \quad (14)$$

ここで、 Ψ_{jb} は地区 b で容積率が変化したときの地区 j の労働者数の変化を示す弾性値である。

d) 容積率規制緩和による便益の定義

都市全体の総便益の余剰を式(15)と定義する。

$$S = \sum (N_j \tilde{y}_j - t^* k_j - r_j^A) \quad (15)$$

ここで、 \tilde{y}_j は地区 j の一人当り生産付加価値である。式(15)を企業と開発業者の行動を考慮し、式(16)のように

表現する.

$$S = \sum_{j=1}^J (WN_j + r_j - r_j^A) \quad (16)$$

仮定 4 より各地区の敷地面積は等しく、便宜上 1 に等しいと仮定している. そのため、式(16)は地代と労働者数の変化を計測することで余剰の変化を計測できることを表している.

容積率変化による総余剰の増加分を測定するために式(16)を指定容積率で微分したものが式(17)となる.

$$\frac{\partial S}{\partial \bar{q}_b} = \sum (W \frac{\partial N_j}{\partial \bar{q}_b} + \frac{\partial r_j}{\partial \bar{q}_b}) \quad (17)$$

地代の変化は式(18)のように示すことができる.

$$\frac{\partial r_j}{\partial \bar{q}_b} = \begin{cases} \frac{\partial R_j}{\partial \bar{q}_b} \bar{q}_b + R_b - t \frac{\partial k(\bar{q}_b)}{\partial \bar{q}_b} & j = 1 \sim B \\ \frac{\partial R_j}{\partial \bar{q}_b} q_j + \left(R_j \frac{\partial q_j}{\partial k_j} - t \right) \frac{\partial k_j}{\partial R_j} \frac{\partial R_j}{\partial \bar{q}_b} & j = B+1 \sim J \end{cases} \quad (18)$$

規制が非拘束的な地区については、開発業者の利潤最大化問題の最適条件より、 $(R_j(\partial q_j / \partial k_j) - t)$ は 0 となる. よって、賃料の上昇分だけ計測すればよいので、式(17)は、式(19)のように整理できる.

$$\Delta S = \Delta R - \Delta C + \Delta W \quad (19-1)$$

$$\Delta R = (W^* \sum_j \sum_m N_j \varepsilon_{jm} \Psi_{mb} + R_b \bar{q}_b) \hat{q}^* \quad (19-2)$$

$$\Delta C = t^* k(\bar{q}_b) \theta_b \hat{q}^* \quad (19-3)$$

$$\Delta W = W^* \sum_j N_j \Psi_{jb} \hat{q}^* \quad (19-4)$$

この式(19-1)は、容積率を $\hat{q}^* (= d\bar{q}_b / \bar{q}_b) \times 100\%$ 増加させる際の都市全体の総余剰を金銭換算した値を示しており、式(19-2)は賃料収入の変化、式(19-3)は追加的にかかる工事費、式(19-4)は配分賃金の変化となる. 以上のことから、容積率規制緩和による配分地代収入の変化は $\Delta R - \Delta C$ として求めることができる. 式(19)から便益を計測するためには、床面積生産関数から θ : 容積率変化による資本一土地比率変化の弾性値、オフィス業務生産関数から ε : 労働者変化による効率性指標の弾性値、労働者分布の変化から ψ : 容積率変化による労働者数変化の弾性値の 3 つを確定させる必要がある.

また本研究では、容積率を緩和させた地区の便益の身を推定する. そこで、式(19)より地区 b における便益を式(20)とする.

$$\Delta S_b = \Delta R_b - \Delta C_b \quad (20-1)$$

$$\Delta R_b = (W^* N_b \sum_m \varepsilon_{bm} \Psi_{mb} + R_b \bar{q}_b) \hat{q}^* \quad (20-2)$$

$$\Delta C_b = t^* k(\bar{q}_b) \theta_b \hat{q}^* \quad (20-3)$$

(2) 容積率規制とオフィスビル開発者の収益性との関係性分析のモデル推定

a) オフィス業務生産関数の推定

地区 j の物件 i をレンタルする企業のオフィス業務生産関数を、式(21)のコブダグラス型関数と特定化する.

$$y_{ij} = A \left\{ \exp(\beta_z Z_i) s_{ij} \right\}^\alpha \left\{ \exp(a_N N_j + a_M M_j) n_{ij} \right\}^{1-\alpha} \quad (21)$$

ここで、 y_{ij} : 生産付加価値、 s_{ij} : オフィススペース、 n_{ij} : 雇用量、 Z_i : ビル属性、 N_j : 労働者数、 M_j : 近接性パラメータ、 A, α, a_N, a_M : 生産技術パラメータである. 近接性パラメータ M は、他地区の労働者数を時間距離 d で除した値を全地区分合計したものであり、式(22)で表わさせる.

$$M_j = \sum_{k \neq j} N_k / d_{jk} \quad (22)$$

式(20)を推定することで生産技術パラメータは確定するが、各地区における生産付加価値に相当するデータは存在しない. そこで、式(20)を企業の立地行動を表す費用最小化問題の式(3)より、式(23)の賃料 R と 1 人当りオフィススペース \tilde{s} について整理する.

$$\ln R_{ij} = \ln C_R + \beta'_z Z_i + \beta_N N_j + \beta_M M_j + u_{ij} \quad (23-1)$$

$$\ln \tilde{s}_{ij} = \ln C_s - (\beta'_z Z_i + \beta_N N_j + \beta_M M_j) + v_{ij} \quad (23-2)$$

ここで、各パラメータは式(24)となる.

$$C_R = A^{1/\alpha} \alpha ((1-\alpha)/W)^{1-\alpha/\alpha} \quad (24-1)$$

$$C_s = A^{-1/\alpha} \alpha ((1-\alpha)/W)^{-1/\alpha} \quad (24-2)$$

$$\beta_N = a_N (1-\alpha) / \alpha \quad (24-3)$$

$$\beta_M = a_M (1-\alpha) / \alpha \quad (24-4)$$

ここで、 $\beta_N, \beta_M, \beta'_z$ は共通という係数制約を置き、2 変量同時回帰推計を行い、各パラメータを求める. また、 N_j, M_j はスペース市場により決定される内生変数であり、式(22)は需給均衡が課せられている式と考えられ、推定値にバイアスを生じさせる可能性がある. そこで、操作変数を用いた三段階最小二乗法 (3SLS) により全パラメータを同時に推定する. 推定結果より生産技術パラメータを確定する.

b) 床面積生産関数の推定

開発業者の床面積生産関数を式(25)と特定化する.

$$Q = CK^{\xi_1} SITE^{\xi_2} \quad (25)$$

ここで、 C, ξ_1, ξ_2 ; 生産技術パラメータ、 K : 工事費、 $SITE$: 敷地面積、 Q : 延べ床面積である。

資本と敷地面積の投入に関し一次同次の制約を置き、対数をとった推定モデルは式(26)となる。

$$\ln q_i = C' + \xi_1 \ln k_i + u_i^q \quad (26)$$

$$q_i = Q_i / SITE_i, \quad k_i = K_i / SITE_i$$

式(26)は最小二乗法より推定を行う。推定パラメータ ξ_1 が確定すれば、スペース供給の価格弾力性 $\eta = \xi_1 / (1 - \xi_1)$ 、容積率変化による資本-土地比率変化の弾力値 $\theta_b = 1 / \xi_1$ が確定する。

c) 使用データ

本研究で使用するデータの単位について、行政区域ではなく、地域統計における第4次区画(500mメッシュ)を1地区として、東京23区を対象にデータを取得した。

労働者数データは、「平成21年経済センサス」より、東京23区に属する2593個の500mメッシュごとの労働者数を取得した。なお、近接性パラメータ M を構成する時間距離 d については、東京23区内における業務目的的交通は鉄道で行われていると仮定し、メッシュ間の直線距離を鉄道の移動時間に換算したものをを用いることにする。具体的には、移動時間 d と移動距離 k の関係を式(27)の地下鉄の所要時間関数として特定化する。

$$d = \alpha k^\beta \quad (27)$$

この式(27)のパラメータ α, β については、東京地下鉄と都営地下鉄の143駅を対象とし、各駅間の距離と所要時間を特定化した。取得データについて表-1に示す。

このデータを用いて、式(27)を最小二乗法より推定した。推定結果を表-2に示す。この推定結果を用いて、移動時間 d を特定化する。

表-1 地下鉄の所要時間と距離のデータ

	所要時間(分)	距離(m)
平均	28	10072
標準偏差	11	6098
最小	4	200
最大	76	39000

表-2 地下鉄の所要時間関数推定結果

	推定値	標準誤差	t値
β : 距離(km)	0.57	0.0012	489.33
α : 定数項	6.16	0.0026	2390.60
決定係数	0.84		

オフィス物件データは、オフィス賃貸会社の募集物件を対象に、オフィス賃料、募集面積、所在地、築年数、ビルの総面積を224件の物件から取得した。一人当たりオフィススペースは、日本ビルディング協会の「H24ビル実態調査」の値を代表値とした。

床面積生産データは、全国市街地再開発協会の「日本の都市再開発・第1~7集」より、過去に東京23区内で過去に行われた再開発事業93件を対象に、延べ床面積、敷地面積、工事費を取得した。

また、所与として与える全国水準の賃金率 W^* は、厚生労働省「平成24年賃金構造基本統計調査」より東京都の平均給与額392(千円/月)、全国水準の金利 r^* は、内閣府「平成26年長期国債金利」より0.725とした。

d) パラメータ推定結果

式(23)の推定結果を表-2に示す。労働者数、近接性パラメータの値が正であり、集積の経済が働いていること、最寄り駅までの徒歩時間、築年数が負であること、対数面積や超高層ダミーのビルの規模を表す変数が正であることから、賃料決定のメカニズムをある程度説明できている。この結果から求めた生産技術パラメータを表-3に示す。次に床面積生産関数の推定結果を表-4に示す。以上の推定結果から各弾力性を求め、便益を推定する。

表-2 賃料関数と1人オフィススペース関数式の推定結果

	推定値	標準誤差	t値
労働者数(万人)	0.0050	0.0046	1.08
近接性パラメータ(万人/秒)	0.0135	0.0993	0.14
最寄り駅までの徒歩時間(分)	-0.0049	0.0021	-2.27
築年数(2013年基準:年)	-0.0004	0.0004	-0.88
都心ダミー(都心3区基準)			
渋谷区, 新宿区	0.0342	0.0193	1.77
その他区	-0.0041	0.0160	-0.26
総面積(m ²)	0.0121	0.0047	2.59
超高層ビルダミー(15F以上)	0.0250	0.0313	0.80
賃料関数 定数項	1.5199	0.0828	18.4
1人当たりオフィススペース関数 定数項	3.2273	0.0815	39.6

表-3 生産技術パラメータの推定結果

A	a	an	am
245.806	0.226	0.00146	0.00393

表-4 床面積生産関数の推定結果

	推定値	標準誤差	t値
定数項	-4.037	0.792	-5.095
対数資本土地比率(工事費(円)/建設敷地面積(m ²))	0.409	0.055	7.479
決定係数	0.368		

4. 駅構内混雑による外部不経済の分析

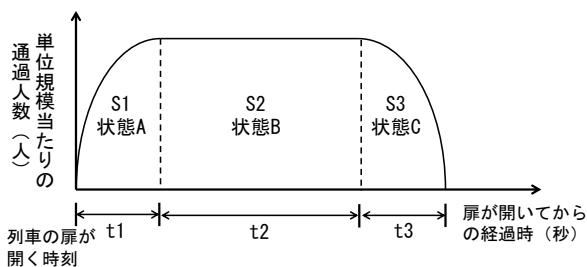
ここでは、容積率規制緩和による駅構内の混雑への影響をボトルネック箇所（階段とエスカレータの昇降施設、改札）における移動時間の増加量として推定する。(1)では、既往調査⁴⁾からボトルネック箇所における旅客流動から処理能力を把握し、混雑による移動時間の増加量の推定方法を示す。(2)では、増加労働者数から、増加降車客数を推定する方法を示す。(3)では、駅ごとの外部不経済の推定方法を示す。

(1) ボトルネック箇所における混雑把握

a) ボトルネック部における混雑分析

まず、ボトルネック箇所における処理能力を整理する。ボトルネック箇所の単位時間当たりの処理能力のイメージを図-2に示す。旅客流は列車が到着し、扉が開いてから A→B→C と遷移していく。状態 B がボトルネック箇所の単位時間当たりの最大処理能力と等しい旅客が通過している状態であり、ボトルネック箇所手前で旅客流の滞留が発生していると予想される。状態 A では、到着した列車からボトルネック箇所に降車旅客がボトルネック箇所の最大処理能力の通過旅客が集中するまでの状態、状態 C では通過旅客数が徐々に減少していると考えられる。

駅構内の混雑を分析では、ボトルネック箇所の処理能力に加えて、次列車到着時に旅客を捌き切ることができない最大捌け人数を把握することも重要であるとされている。これを超える通過旅客が発生した場合、次列車到着時まで、ボトルネック箇所における旅客の滞留が解消されず、ホーム上に捌き残しが発生することが見込まれる。運行間隔間に処理できる最大通過旅客数を最大捌け人数 N_{max} とする。この値を超える通過旅客数がボトルネック箇所に集中した場合、ホーム上に捌け残しが発生する。



出典：文献4)

図-2 ボトルネック箇所の単位時間当たりの処理能力

b) 混雑による移動時間の増加量の算定

混雑時、ボトルネック箇所手前で旅客が滞留し、非混雑時に比べボトルネック箇所への到達に要する時間が増加する。その時間増加分を式(28)より算定する。

$$T = \alpha \cdot N / (\text{cap} \cdot X) \quad (28)$$

ここで、 T ：到達時間増加量、 α ：パラメータ、 N ：通過旅客数、 cap ：単位時間当たり処理能力、 X ：施設規模である。 α と cap は既往調査⁴⁾より、表-5に示す値を用いる。通過人数が増加した場合、状態 B の継続時間が増加すると考えられる。式(28)により算定させる時間は、旅客流中心（状態 B 中心）に位置する人のボトルネック箇所への到達までの時間増加分を表わしている。

(2) 増加降車客数の推定

ここでは、開発による降車客数の増加 ΔN の算定方法を整理する。まず、以下の仮定をおく。

仮定 1：開発により増加する労働者は、鉄道により地区より通勤する。

仮定 2：開発によって労働者数が増加しても、地区内における駅分担率は不変である。

仮定 3：開発によって労働者数が増加しても、各駅の路線分担率、ピーク 1 時間集中率、降車後通過するボトルネック箇所の通過割合は不変である。

仮定 4：各駅のピーク 1 時間内の列車の降車客数は一定である。

まず、各地区の増加労働者数から各駅の路線別ピーク 1 時間増加降車客数を式(29)より算定する。

$$\Delta N_a = \sum_j \Delta n_j \times a_j \times b \times c \quad (29)$$

ここで、 ΔN_a ：a 駅の路線ごとのピーク 1 時間増加降車客数、 Δn_j ：地区 j の労働者増加数、 a_j ：地区 j の駅分担率、 b ：路線分担率、 c ：ピーク 1 時間集中率である。これを現状の降車客数に加算したものを開発後の降車客数とする。 a 、 b 、 c の値は「平成 24 年度大都市交通センサス」より取得する。これに、ピーク 1 時間における運行本数とボトルネック箇所の通過割合を乗

表-5 単位規模当たりの処理能力 cap とパラメータ α

	自動改札 (1台当り)	昇降施設		
		階段 (幅員1m)	ES (2人用)	ES (1人用)
cap: 単位時間当たりの通過人数(人/秒)	1	1.2	1.6	0.8
α : パラメータ	29.1	17.3		

出典：文献4)

じること、列車ごとの増加降車客数とボトルネック箇所ごとの通過旅客数が求まる。これを現状のものに加えた値を開発後の値として時間増加量推定に用いる。

(3) 混雑による外部不経済の推定

本研究では、駅改札内の昇降施設と改札を対象に外部不経済を推定する。式(28)を用いて、現状の通過旅客数と開発後の通過旅客数による移動時間増加量を求め、その差分を開発による移動時間増加量とする。これに、通過旅客数と時間価値を乗じる。これをピーク1時間の全列車にボトルネックごとに行い、合計したものを駅構内の混雑による外部不経済とする。よって、任意ボトルネック箇所における外部不経済 D は式(30)となる。

$$D = \sum_t 1/2(T'_t - T_t)(N'_t + N_t)V \quad (30)$$

ここで、 T : 時間増加量、 N : 通過旅客、 V : 時間価値であり、添え字 t はピーク1時間の t 番目の列車を表し、 T' 、 N' は開発後の値とする。また、 t 番目の列車の通過旅客数 N_t が最大捌け人数 $N_{\max,t}$ を超える場合、 $t+1$ 番目の列車到着時に捌け残しが発生している。これを考慮し、全列車で捌け残しが発生している場合、通過旅客数は t 番目の列車の捌け残しを加算した N_{t+1}^{ad} とする。算定方法を式(31)に示す。この値を用いて、移動時間増加量を求める。

$$N_{t+1}^{ad} = N_{t+1} + (N_t - N_{\max,t}) \quad (31)$$

5. 東京都心部における事例分析

ここでは、2章、3章で示した推計方法を東京都心部の再開発計画を事例として適用とする。(1)では、東京区部における開発状況を整理し対象地域を設定する。(2)では、便益推定を行う。

表-5 東京23区内における総合設計制度の適用プロジェクト件数(1976-2012年)

	事務所系	複合施設 (事務所含)	その他	合計
千代田区	14	74	11	99
中央区	16	60	18	94
港区	15	107	49	171
渋谷区	9	20	11	40
新宿区	2	18	14	34
品川区	13	17	20	50
その他区	22	59	117	198
合計	91	355	240	686

単位: 件

出典: 東京都都市整備局, 総合設計プロジェクト一覧⁵⁾

(1) 事例分析対象の設定

a) 東京区部における開発状況の整理

これまで東京区部では、土地の有効活用の観点から、都市開発諸制度を活用し、容積率緩和を伴う再開発が多数行われてきた。その中でも、敷地内に公開空地を設けることで容積率規制の緩和を認める総合設計制度は多くのものに適用されている。1976年から2012年の中での東京区部での適用状況を表-5に示す。最も多く適用されているのは、東京都心3区では、千代田区99件、中央区94件、港区171件と半数以上を占めている。用途別にみた場合、事務所系と事務所を含む複合施設の適用件数は都心3区が286件と全体6割を占め非常に多くなっている。

次に、今後東京に竣工予定の主な大規模オフィスビルの件数と合計延べ床面積を表-6に示す。これは、森トラスト⁶⁾とCBRE⁷⁾の公開している2013年12月時点のデータを集計したものである。都心3区では今後46件の大規模オフィスビルの竣工が予定されており、それによって3,873千㎡の延べ床面積の増加が見込まれる。

以上のことから、都心3区では容積率規制の緩和が率先して行われ、今後も数多くの再開発が行われ床面積が増加していくと考えられる。よって、都心3区を対象として分析を行う。

b) 対象エリアの設定

都心3区において、2013年以降に竣工予定の大規模オフィスが集中している千代田区、中央区の東京駅周辺エリア、港区の虎ノ門エリアの2エリアを対象とする。各エリアの開発計画概要を表-7に示す。容積率は各地区の延床面積を敷地面積で除したものであり、これを地区の代表容積率とする。この開発計画から各地区の容積率を1800%、2000%まで引き上げるケースを想定して便益の

表-6 2013年以降の大規模オフィスビルの竣工予定件数

	竣工件数	合計 延床面積(㎡)
千代田区	18	1,656,744
中央区	16	821,382
港区	12	1,395,229
渋谷区	4	115,059
新宿区	2	253,700
品川区	4	415,183
その他区	8	619,689
合計	64	5,276,986

出典: 森トラスト, 東京23区の大規模オフィスビルの市場動向調査⁶⁾
東京オフィスビル竣工マップ⁷⁾

推定を行う。ここで推定される便益は、容積率緩和に伴う開発計画が 2013 年時点で完了されると仮定したうえで、完了時点で発生する便益を年額換算した値とする。

駅構内混雑による外部不経済は、開発によりピーク 1 時間に増加降車客数が 500 人以上見込まれる表-8 に示す地下鉄駅を対象に行う。図-3 に、対象エリアと駅の位置関係を示す。また、駅混雑の分析対象は、駅改札内の階段・エスカレータの昇降施設と改札のみとし、ピーク 1 時間を対象として外部不経済の推定を行う。

(2) 分析結果

a) 容積率規制緩和による便益と労働者数の変化

3章(2)の推定結果を用いて便益の推定を行う。ここで、賃金率 W 、金利 r は2章(2)と同様の値とした。また、緩和前の賃料は、オフィスマーケットより2013年12月時点の該当エリアの大規模オフィスビルの平均賃料を与えた。

便益の推定結果を表-9 に示す。東京駅周辺では、1800%で 348 億円、2000%で 577 億円、虎ノ門エリアでは 1800%で 221 億円と 2000%で 289 億円の便益となった。次に開発によって増加する労働者数を表-10 に示す。

表-7 開発計画概要

エリア名	該当メッシュ数	件数	延床面積 (㎡)	敷地面積 (㎡)	容積率
東京駅周辺エリア	8	27	2,003,808	130,710	1533%
虎ノ門エリア	4	7	921,970	77,018	1197%

出典：森トラスト、東京 23 区の大規模オフィスビルの市場動向調査⁶⁾
東京オフィスビル竣工マップ⁷⁾

表-8 対象とする地下鉄駅

東京駅周辺エリア 4駅5路線	東京駅・丸の内線 大手町・東西線・千代田線	日本橋・東西線 京橋・銀座線
虎ノ門エリア 4駅4路線	六本木・日比谷線 六本木一丁目・南北線	神谷町・日比谷線 虎ノ門・銀座線



表-3 対象エリアと駅の位置関係

開発計画による増加数は、開発延べ床面積を各区の 1 人当たりオフィススペースで除したものとした。また、容積率を引き上げたケースは、弾性値 η を用いて開発計画による増加数を補正した。東京駅周辺では平成 21 年から約 1.2 倍、虎ノ門エリアでは約 1.5 倍の増加となる。

b) 駅構内混雑による外部不経済

対象駅のピーク 1 時間降車客数の増加数を表-11 に示す。東京駅周辺エリアに比べ、虎ノ門エリアは鉄道駅数が少ないことから、1 駅あたりの増加数が多く、特に神谷町駅は顕著にその傾向が見られる。この降車客数が増加した場合の移動時間増加を表-12 に示す。これは、ピーク 1 時間における改札と昇降施設の階段の平均の合計

表-9 便益の推定結果

エリア名	容積率	ΔR 賃料収入	ΔC 追加建設費	ΔS = $\Delta R - \Delta C$
東京駅周辺エリア	1800%	534	186	348
	2000%	888	310	577
虎ノ門エリア	1800%	384	163	221
	2000%	507	218	289

年額 単位(億円)

表-10 労働者数の変化

	労働者数(H21)	開発計画	1800%	2000%
東京駅周辺エリア	373,710	93,938	114,276	126,376
虎ノ門エリア	106,647	40,615	62,519	69,486

単位: 人

表-11 ピーク 1 時間の降車客数の変化

	駅名	路線名	ピーク1時間 降車客数	降車客の増加数	
				1800%	2000%
東京駅 周辺エリア	東京	丸の内	30,051	2,846	3,157
	日本橋	東西	32,226	4,845	5,280
	京橋	銀座	12,527	2,953	3,281
	大手町	東西	19,925	677	754
	大手町	千代田	21,092	777	867
虎ノ門 エリア	六本木	日比谷	7,257	1,409	1,565
	神谷町	日比谷	17,266	11,553	12,838
	六本木一丁目	南北	9,468	3,506	3,896
	虎ノ門	銀座	26,245	558	612

単位: 人

表-12 駅構内移動時間の増加量

駅名	路線名	1800%		2000%	
		改札平均	階段・ES 平均	改札平均	階段・ES 平均
東京	丸の内	2.5	2.3	2.8	2.6
日本橋	東西	2.8	1.3	3.0	1.4
京橋	銀座	3.3	1.6	3.6	1.8
大手町	東西	0.4	0.3	0.4	0.3
大手町	千代田	0.5	0.2	0.5	0.3
六本木	日比谷	1.5	0.6	1.6	0.6
神谷町	日比谷	10.6	5.0	11.8	5.5
六本木 一丁目	南北	2.8	2.2	3.2	2.5
虎ノ門	銀座	0.3	-	0.3	-

単位: 秒

であり、平均的旅客が改札を通過するまでの時間増加量を表わす。この増加時間を基に、外部不経済を推定した結果を表-13に示す。これは時間価値を40円/分として金銭換算し、1年間の平日日数245日に乗じたものである。容積率を2000%まで引き上げた場合、東京駅周辺エリア、虎ノ門エリアともに、年間約1億万円となった。しかし、本研究では降車客のみを対象として推定を行ったため、乗車客が受ける外部不経済も乗車客による混雑への影響も考慮されていない。そのため、昇降施設などの混雑を過小に評価してしまっている可能性がある。

c) 駅構内混雑の分析

容積率を2000%まで引き上げた場合、影響の大きい神谷町駅を例に、ボトルネック箇所での降車旅客を捌き切れるかを分析する。降車客数が多い中目黒方面行は、2013年12月時点でピーク1時間の間に24本運行されている。開発後もこのダイヤが維持されるとした場合、1列車当りの降車客数は872人になる。神谷町駅は2面2線の相対式ホームであり、ピーク1時間における中目黒方面行ホームの昇降施設の列車ごとの捌け残り人数を図4に示す。最もダイヤが密である8時10分付近で、500人近い捌け残りが発生している。また、他のダイヤが密集している時間帯でも400人近い捌け残りが発生している。この人数が、次列車到着時にホームに滞留していると推測される。

d) 便益の推定結果と考察

以上の結果から、容積率緩和による便益は鉄道駅混雑による外部不経済を大きく上回る結果となった。しかし、神谷町駅ではピーク1時間の半数以上の列車で捌け残りが発生している状態で、次列車が到着している。これは時間増加だけでなく、ホーム転落の危険性や乗降時間の増加につながる。特にホーム上に捌け残しがある場合、

表-13 駅構内混雑による外部不経済

	開発計画	1800%	2000%
東京駅周辺エリア	6,473	8,318	9,222
虎ノ門エリア	4,789	8,058	9,116

単位: 万円/年

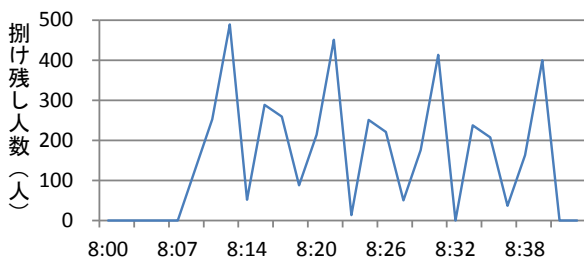


図4 神谷町駅における捌け残り人数

列車の乗降にかかる時間が増加し、列車の遅延の原因となる。列車の遅延は、止まっている列車だけでなく、同じ路線を運行する列車にも影響する。そのため、外部不経済が都市全体に波及する可能性がある。

エリア別の特徴として、東京駅周辺エリアの方が便益推定結果が大きくなる傾向があった。その理由として、虎ノ門エリアに比べ集積が進んでおり、賃料水準が高いことが挙げられる。また、鉄道網が密であることから、鉄道需要が分散され、駅構内混雑による外部不経済は小さくなったと考えられる。

6. おわりに

本研究では、再開発地域の容積率規制緩和によって生じる生産性向上の便益と駅構内混雑の利用者不便益を整合的に推定するモデルを構築し、東京都心3区に適用した。その結果、再開発の際に容積率規制を緩和による便益は、駅構内混雑による移動時間増加の不便益を大きく上回り、都市の効率性向上の面では有効な方策であることが分かった。一方、本研究の対象事例とした虎ノ門エリアのように、特定駅に依存している場合、移動時間の増加に加えて安全面と定時性の低下が考えられ、外部不経済が都市全体に波及する可能性が指摘される。

今後の課題として、以下の3つが挙げられる。

第一に生産技術パラメータの推定精度の向上が挙げられる。そのためには、推定に使用するデータの蓄積が必要である。また、都市内の集積の度合いを表す近接性パラメータについても、実際の鉄道経路を考慮することが必要と考えられる。

第二に、駅構内混雑の分析範囲の拡大が挙げられる。本研究では、駅改札内の階段・エスカレータの昇降施設と改札を対象に分析を行ったため、改札外にある地上出口での混雑などは考慮されていない。また、混雑による遅延についても、ホーム上の容量等を加えて考慮し、評価していくことが考えられる。

第三に、再開発による鉄道事業者の収益性の考慮と駅改良に対する投資行動の把握が挙げられる。この2点を考慮することは、冒頭で述べた再開発による交通混雑を内部化する方策を検討する際の一助になると考えられる。

参考文献

- 1) 森田泰智：都市開発と駅整備の整合性に関する研究，運輸政策研究，Vol.15, No.2, pp.81-87, 2012.
- 2) 八田達夫・唐渡広志：都心ビル容積率緩和の便益と交通量増大効果の測定，運輸政策研究，Vol.9, No.4, pp.2-16, 2007.
- 3) 森本章倫・古池弘隆：地区内交通流からみた容積率上限に関する研究，都市計画学論文集，No.34, pp.949-954, 1999.

- 4) 独立行政法人都市再生機構：東京都心部における都市再生推進のための公共交通サービス水準に関する調査：都市開発と鉄道リニューアラー東京の国際競争力強化に向けてー， 2013.
- 5) 東京都都市整備局：総合設計プロジェクト一覧
http://www.toshiseibi.metro.tokyo.jp/cproject/intro/list_sogc01.html
- 6) 森トラスト：東京 23 区の大規模オフィスビルの市場動向調査， 2013， <http://www.mori.co.jp/img/article/131002.pdf>
- 7) CBRE：東京オフィスビル竣工マップ 2014，
<http://www.cbre-xgate.jp/article/>
- 8) 三幸エステート：オフィスマーケット 12月