

# 応用都市経済モデルを用いた公共事業評価手法に関する研究 ～金沢山側環状道路を対象として～

金沢大学	理工学域環境デザイン学類	学生会員	○大澤 脩司
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	正会員	中山晶 一朗
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	フェロー	高山 純一
金沢大学	理工研究域環境デザイン学系	正会員	藤生 慎

## 1. 背景・目的

道路やその他の交通施設の効果は、直接効果中心に評価されることが多い。しかし、都市の土地利用や個人・企業の立地といった間接的な効果も非常に大きい。このため、交通と立地を同一のフレームワークで扱うことが望ましい。これまで、様々な土地利用モデル、応用都市経済モデルが開発されている。本研究は道路整備の便益評価を詳細に行くと同時に、道路整備が立地に及ぼす影響を把握可能なモデルの開発を目的とする。

これまで、通常の交通ネットワーク均衡で考慮される経路選択に加え、立地均衡を扱ったモデルとして、Anas<sup>1)</sup>や赤松・半田<sup>2)</sup>は住宅立地のみを、武藤・上田<sup>3)</sup>は住宅立地と企業立地を、堤・宮城・山崎<sup>4)</sup>は更に建物市場を加えて扱っている。本研究は、文献3と同様の立場であるが、交通施策ではなく道路整備事業へのモデル適用を、従来より小規模なゾーン設定で試みる。

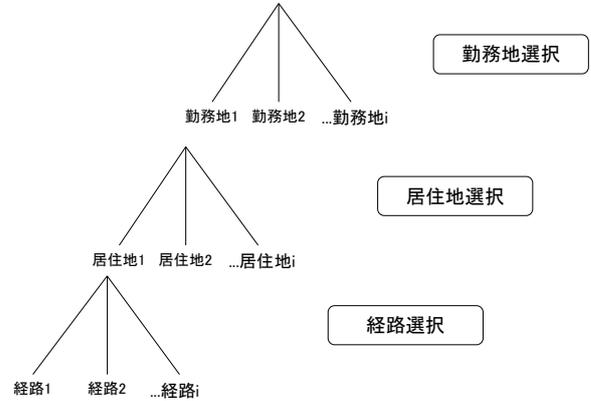


図-1 従業者の選択行動

$$y_i = n \frac{e^{-\theta_3(\sigma_i - W_i)}}{\sum_{i \in I} e^{-\theta_3(\sigma_i - W_i)}} \quad (3)$$

ここで、 $f_k^{ij}$  :  $ij$ 間の経路 $k$ の交通量、 $q_{ij}$  :  $ij$ の交通量、 $y_i$  : ゾーン $i$ の従業者数、 $\sigma_i, \sigma_{ij}$  : 期待最小コスト、 $r_i$  : 地代、 $W_i$  : 賃金率、 $c_k^{ij}$  :  $ij$ 間の経路 $k$ の旅行時間、 $n$  : 全世帯数、 $\theta_1, \theta_2, \theta_3$  : ロジットパラメータである。

## 2. 交通立地等号均衡モデルの定式化

### (1) 従業者行動

従業者の行動は、勤務地、居住地、経路の3つの選択によって構成され、図-1に示すようなNested LOGIT型モデルによって表現されるとする。

経路の選択は、経路の所要時間により、(1)式で表現する。これは所要時間の短い経路を選択することを表す。

$$f_k^{ij} = q_{ij} \frac{e^{-\theta_1 c_k^{ij}}}{\sum_{k \in K} e^{-\theta_1 c_k^{ij}}} \quad (1)$$

居住地の選択は、地代と、居住地と勤務地間の期待最小コストによって決まるとし、(2)式のように表現される。これは、地代及び期待最小コストが小さい居住地を選択することを表す。

$$q_{ij} = y_i \frac{e^{-\theta_2(r_i + \sigma_{ij})}}{\sum_{j \in J} e^{-\theta_2(r_i + \sigma_{ij})}} \quad (2)$$

勤務地選択は、賃金とゾーン内の期待最小コストによって決まるとし、(3)式のように表現される。これは、賃金率が高く期待最小コストが小さい勤務地を選択することを表す。

### (2) 企業行動

企業の行動として、立地のみを考慮し、対象圏内の居住者のみが労働者になるという2つの仮定をおき、利潤最大化行動のもと、(4)式のように企業行動を表現する。

$$Y_i = N \frac{e^{\kappa \Pi_i}}{\sum_{i \in I} e^{\kappa \Pi_i}} = N \frac{e^{\kappa(pz_i - \beta W_i - \gamma R_i)}}{\sum_{i \in I} e^{\kappa(pz_i - \beta W_i - \gamma R_i)}} \quad (4)$$

ここで、 $Y_i$  : ゾーン $i$ の企業数、 $N$  : 全企業数、 $\Pi_i = pz_i - \beta W_i - \gamma R_i$  : ゾーン $i$ の企業利潤、 $\kappa$  : ロジットパラメータである。ただし、 $\beta$  : 1企業がに必要な従業者数、 $\gamma$  : 1企業がに必要な土地面積、 $z_i$  : ゾーン $i$ 内企業の生産量である。

### (3) 土地所有者の行動

土地所有者が土地配分行動は、以下の3式で表現する。

$$l_i = D_i \frac{e^{\mu r_i}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho_i}} \quad (5)$$

$$L_i = D_i \frac{e^{\mu R_i}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho_i}} \quad (6)$$

$$m_i = D_i \frac{e^{\mu \rho_i}}{e^{\mu r_i} + e^{\mu R_i} + e^{\mu \rho_i}} \quad (7)$$

ここで、 $D_i$ : ゾーン*i*の全面積、 $l_i$ : ゾーン*i*の居住地面積、 $L_i$ : ゾーン*i*の業務地面積、 $m_i$ : ゾーン*i*のその他の土地面積である。ただし、1つの世帯が必要な土地面積を1単位として考える。

#### (4) 等価な最適化問題

本モデルは以下のような最適化問題で定式化できる。

$$\begin{aligned} \min. S = & \sum_{a \in A} \int_0^{x_a} t_a(\omega) d\omega + \frac{1}{\theta_1} \sum_{k \in K} f_k^{ij} \ln \frac{f_k^{ij}}{q_{ij}} + \frac{1}{\theta_2} \sum_{i \in I} \sum_{j \in J} q_{ij} \ln \frac{q_{ij}}{y_i} \\ & + \frac{1}{\theta_3} \sum_{i \in I} y_i \ln \frac{y_i}{n} - p \sum_{i \in I} Y_i z_i + \frac{1}{\kappa} \sum_{i \in I} Y_i \ln \frac{Y_i}{N} \\ & + \frac{1}{\mu} \sum_{i \in I} \left( l_i \ln \frac{l_i}{D_i} + L_i \ln \frac{L_i}{D_i} + m_i \ln \frac{m_i}{D_i} \right) - \rho_i m_i \end{aligned} \quad (8)$$

$$q_{ij} = \sum_{k \in K} f_k^{ij} \quad \forall i, \forall j \quad (9)$$

$$y_i = \sum_{j \in J} q_{ij} \quad \forall i \quad (10)$$

$$n = \sum_{i \in I} y_i \quad (11)$$

$$N = \sum_{i \in I} Y_i \quad (12)$$

$$\beta Y_i = y_i \quad \forall i \quad (13)$$

$$D_i = l_i + L_i + m_i \quad \forall i \quad (14)$$

$$\sum_{i \in I} q_{ij} = l_j \quad \forall j \quad (15)$$

$$\gamma Y_i = L_i \quad \forall i \quad (16)$$

### 3. 数値計算例

構築した交通・立地等号均衡モデルの計算例を示す。ゾーン1はCBD、ゾーン2は郊外地を想定する図-2のような2つのゾーンで構成される地域を対象とする。リンク旅行時間はBPR関数により与えられる。リンク1・リンク4の旅行時間関数は、

$$t_a = 60 \left\{ 1 + 0.15 \left( \frac{x_a}{5} \right)^4 \right\} \quad (a = 1, 4) \quad (17)$$

であり、リンク2・リンク3の旅行時間関数は、

$$t_b = 60 \left\{ 1 + 0.15 \left( \frac{x_b}{10} \right)^4 \right\} \quad (b = 2, 3) \quad (18)$$

とする。ここで、 $x_1, x_2, x_3, x_4$ : 各リンクの交通量、 $t_1, t_2, t_3, t_4$ : 各リンクの旅行時間である。

その他数値計算の設定条件を表-1のように設定した。上記の設定による数値計算結果を表-2に整理した。

以上のように、単純な問題設定において、モデルの計算を行い、検証を行うことができた。現実的な道路整備事業に適用できるか検討するため、図-3に示した金沢都市圏にモデルの適用を行う。適用結果は公演時に示す。

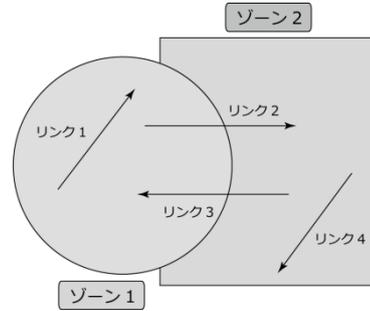


図-2 数値計算例の地域・ネットワーク

表-1 計算に使用した設定値

企業立地関連項目		土地関連項目				
全企業数 [千企業]	1	全土地面積 [km <sup>2</sup> ]	ゾーン1	10.0	単位世帯あたり 必要土地面積	1.0
全従業者数 [千人]	20		ゾーン2	20.0	単位企業あたり 必要土地面積	10.0
$\beta$	20			30.0		
パラメータ						
合成材価格 $p$	10.0	ロジット パラメータ	$\theta_1$	1.0	パラメータ(企業) $\kappa$	0.03
ゾーン1生産力 $z_1$	2.0		$\theta_2$	0.1	パラメータ(土地) $\mu$	0.1
ゾーン2生産力 $z_2$	1.0		$\theta_3$	0.08		

表-2 数値計算結果

交通量/OD需要/世帯数と企業数/各用途の面積								
経路 交通量	$f_{111}$	1.15855	OD需要	$q_{11}$	1.15855			
	$f_{121}$	8.78442		$q_{12}$	8.78442			
	$f_{211}$	3.86996		$q_{21}$	3.86996			
	$f_{221}$	6.18707		$q_{22}$	6.18707			
		20			20			
従業員数 (世帯数)	$y_1$	9.94297	企業数	$Y_1$	0.49715			
	$y_2$	10.05703		$Y_2$	0.50285			
		20			1			
居住地 面積	$y_1$	5.02851	業務地 面積	$L_1$	4.97149			
	$y_2$	14.97149		$L_2$	5.02851			
		20			10			
各ゾーンの賃金と地価								
賃金	$W_1$	17.7354	住宅地価	$r_1$	40.55095	業務地価	$R_1$	40.53594
	$W_2$	30.0005		$r_2$	14.95978		$R_2$	13.86876

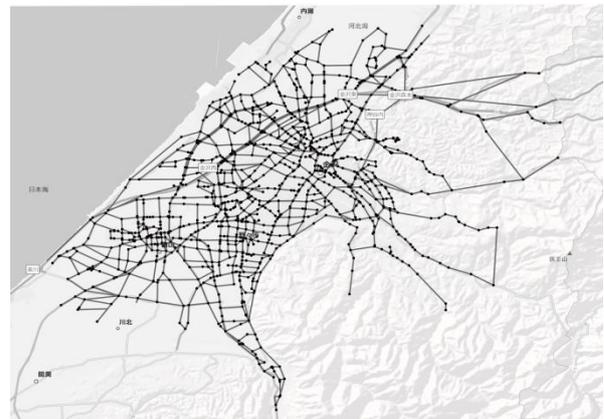


図-3 金沢都市圏道路ネットワーク図

#### 参考文献

- 1) Anas, A. : The combined equilibrium of travel networks and residential location markets, Regional Science and Urban Economics, Vol.15, pp.1-21, 1958.
- 2) 赤松隆, 半田正樹: 「Nested LOGIT型交通・住居立地等号モデルとその効率的解法」, 土木系各学会・論文集, Vol.13, pp.279-287, 1996.
- 3) 武藤慎一, 上田孝行, 高木朗義, 富田貴弘: 「応用都市経済モデルによる立地変化を考慮した便益評価に関する研究」, 土木計画学研究・論文集, No.17, pp.257-266, 2000.
- 4) 堤盛人, 宮城卓也, 山崎清: 「建物市場を考慮した応用都市経済モデルの可能性」, 土木学会論文集D3(土木計画学), Vol.68, No.4, pp.333-343, 2012.