

2 都市モデルを用いた交通整備の評価に関する研究*

Impact of Transport Improvement in the Context of A System of Two Cities

森杉壽芳**, 上田孝行***, 小池淳司****

By Hisayoshi MORISUGI, Takayuki UEDA, Atsushi KOIKE

1. はじめに

わが国における都市問題の多くは人口の偏った集中、すなわち、東京一極集中問題に起因している問題が多くみられる。例えば、都心部での過密化は交通渋滞・地価高騰などの混雑現象やそれによる環境破壊を生み、地方部での過疎化は都市の衰退化を引き起こしている。これらの問題を解決することは国土計画上の重要な課題の一つである。

一般には、新幹線整備や高速道路網整備などの交通整備はこれら偏った人口配分を是正する、いわば地方分散策的な考え方を基本とし、実行されてきた。しかし、これらの交通整備がさらに人口の集中をすすめたという意見（スロー効果）があることも事実である。

これに対し、森杉・大野・小池¹⁾は一般均衡のフレームで数種の公共投資のパターンを評価し、一極集中状況下では公共投資を実施することで社会的厚生が低下するおそれがあることを示している。しかし、その理論的背景・要因等には十分ふれられていない。

そこで本研究では、まず第一に、一極集中状況下の立地均衡状態を表現でき、その状況下での公共投資を人口移動・効用の変化から評価できる A System of Two Cities モデルを構築し交通整備の評価を行う。次に、都市間帰着便益連関表を作成し、便益の帰着先を明確にすることで社会的厚生が低下する要因について考察を行うことを目的とする。

* キーワーズ：プロジェクト評価，国土計画

** 正員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科

(岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2441, FAX:058-230-1248)

*** 正員 工博 岐阜大学助教授 工学部土木工学科

(岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2447, FAX:058-230-1248)

**** 正員 工修 岐阜大学助手 工学部土木工学科

(岐阜市柳戸 1-1, TEL:058-293-2445, FAX:058-230-1248)

2. A System of Two Cities モデル

2-1. モデルの仮定

モデル構築に際し以下のような仮定をおく。

- (1) 都市空間は 2 都市（都市 1・都市 2）とその他の地域で構成されている。
- (2) 社会は 3 部門（世帯，企業，不在地主）と 3 市場（合成財・土地・労働市場）で構成されている。
- (3) 交通費用は Iceberg 型でモデル化している。
- (4) 外部性は効用関数と生産関数で考慮する。
- (5) 各都市には 1 つの企業が存在し、全く別の合成財を生産しているものとする。

2-2. 世帯の行動モデル

すべての世帯は 2 都市のいずれかに居住し、自都市に勤務するものと仮定する。このとき都市 i に居住する世帯の効用 V_i は、土地サービス q_i ，都市 i 合成財 z_i ，都市 j 合成財 z_j の各需要水準と外部性 A_i で表せられるものとする。そして、世帯は所得制約の下で効用を最大にするものと仮定し、次のように定式化する。

$$V_i = \max_{z_i, q_i} \alpha_i \ln z_i + \alpha_j \ln z_j + \beta \ln q_i + A_i \quad (1.a)$$

$$\text{s.t.} \left(\frac{p_i}{\tau_{ii}} \right) z_i + \left(\frac{p_j}{\tau_{ij}} \right) z_j + \tau_i q_i = w_i \quad (1.b)$$

ただし、

p_i : 合成財 i の輸送前価格

r_i : 都市 i の住宅地代

τ_{ij} : 都市 i から都市 j への Iceberg 型交通費用

w_i : 都市 i の賃金所得

$\alpha_i, \alpha_j, \beta$: パラメータ ($\alpha_i + \alpha_j + \beta = 1, \alpha_i, \alpha_j, \beta > 0$)

式(1.a), (1.b)を解くと、各需要関数と最大効用水準を示す間接効用関数を得る。

$$z_i = \alpha_i \left(\frac{w_i \tau_{ii}}{p_i} \right), \quad z_j = \alpha_j \left(\frac{w_i \tau_{ij}}{p_j} \right), \quad q_i = \beta \left(\frac{w_i}{\tau_i} \right) \quad (2)$$

$$V_i = \ln w_i - \alpha_i (\ln p_i - \ln \tau_{ii}) - \alpha_j (\ln p_j - \ln \tau_{ij}) - \beta \ln L_i + A_i + \text{const.} \quad (3)$$

2-2. 企業の行動モデル

企業の利潤 π_i は土地サービス L_i , 労働 N_i の各需要水準、および都市 i 合成財 Z_i の供給水準によって表されるものと仮定する。そして、企業は生産技術制約の下で利潤を最大にするものと仮定し、次のように定式化する。

$$\pi_i = \max_{Z_i, N_i} p_i Z_i - w_i N_i - R_i L_i \quad (4.a)$$

$$\text{s.t. } Z_i = B_i N_i^{\gamma_i} L_i^{\delta_i} \quad (4.b)$$

ただし、

N_i : 都市 i の人口

R_i : 都市 i の業務地代

γ_i, δ_i : パラメータ ($\gamma_i + \delta_i = 1, \gamma_i, \delta_i > 0$)

B_i : 生産に対する外部性

式(4.a), (4.b)より限界生産力と要素価格の一致条件と収穫一定より間接利潤ゼロの条件が得られる。

$$w_i = \gamma_i p_i B_i N_i^{\gamma_i-1} L_i^{\delta_i} \quad (5.a)$$

$$R_i = \delta_i p_i B_i N_i^{\gamma_i} L_i^{\delta_i-1} \quad (5.b)$$

$$\text{and automatically } \pi_i = 0 \quad (5.c)$$

2-3. 市場均衡条件式

市場均衡条件としては、各都市の合成財市場の需給均衡、居住地の需給均衡、労働の需給均衡を考える。合成財市場は2都市以外のその他の地域の需要も考慮する。また、労働市場は先に示した限界生産力と要素価格の一致条件をそのまま用いることができる。ここで、両都市で土地供給量を一定と仮定している。

$$Z_i = N_i \alpha_i \left(\frac{w_i \tau_i}{p_i} \right) + N_j \alpha_j \left(\frac{w_j \tau_j}{p_j} \right) + C_i \alpha_i \left(\frac{\tau_i}{p_i} \right) \quad (6.a)$$

$$N_i \beta_i \left(\frac{w_i}{r_i} \right) = I_i \quad (6.b)$$

and (5) for $i=1,2$.

ただし、

C : その他の地域の需要ポテンシャル

subscript I : その他の地域

I_i : 都市 i の居住地供給量 (一定)

2-4. 外部性

人口の集中化現象は集積の不経済と集積の経済を引き起こす。そこで、本モデルでは効用関数に混雑現象や環境問題などの集積の不経済を負の外部性として、生産関数に集積の経済を正の外部性としてモデル化し以下のように定式化する。

$$A_i = N_i^{\phi_i} \quad (7.b)$$

$$B_i = N_i^{\varepsilon_i} \quad (7.a)$$

ただし、

ϕ_i, ε_i : それぞれ負, 正のパラメータ

2-5. 人口の関数としての間接効用関数

市場均衡条件から各価格の変数を人口および外生変数の関数として解き、式(3)の間接効用関数に代入することにより人口の関数である間接効用関数を得る²⁾。

$$V_i = \{ \alpha_i (\gamma_i + \varepsilon_i) - 1 \} \ln N_i + \alpha_j (\gamma_j + \varepsilon_j) \ln N_j + N^{\phi_i} + \alpha_j \left[\ln \left(\frac{\alpha_j \gamma_j C_j \tau_j}{1 - \alpha_j \gamma_j \tau_j} \tau_j + C_j \tau_j \right) - \ln \left(\frac{\alpha_j \gamma_j C_j \tau_j}{1 - \alpha_j \gamma_j \tau_j} \tau_j + C_j \tau_j \right) \right] - \alpha_i \delta_i \ln L_i + \alpha_j \delta_j \ln L_j + \alpha_i \ln \tau_{ii} + \alpha_j \ln \tau_{ij} + \beta \ln I_i \quad (8)$$

2-5. 立地均衡

世帯の立地選択行動は両都市の効用水準が等しくなるように立地するとする。すなわち、立地均衡条件は両都市総人口一定条件とあわせて以下のように与えられる。

$$V^* = V_i(N_i, N_j) = V_j(N_i, N_j) \quad (9.a)$$

$$N_T = N_i + N_j \quad (9.b)$$

ただし、

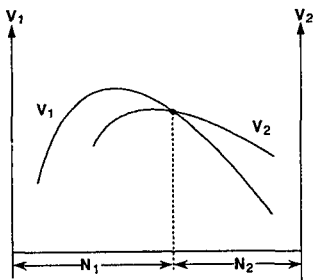
subscript $*$: 均衡状態

N_T : 都市1と都市2の総人口

2-6. 一極集中状況下での立地均衡の仮定

本モデルではパラメータの値によりいくつかの立地均衡状態が表現できる。ここで、森杉・大野・小池³⁾が公共投資が社会的厚生を低下させる可能性がある均衡状態、すなわち、一極集中状況下での立地均衡を仮定し公共投資の評価を行う。一極集中状況下とは図-2に示すような均衡状態である。すなわち、都市1では人口の増加とともに効用水準が減少し、都市2では人口の増加とともに効用水準が増大するような状況で

立地均衡が成立しているような状況を仮定する。この場合、都市1の一極集中状況下の立地均衡といえる。



図－1 一極集中状況下での立地均衡

3. 交通整備の効果

3－1. 比較静学分析

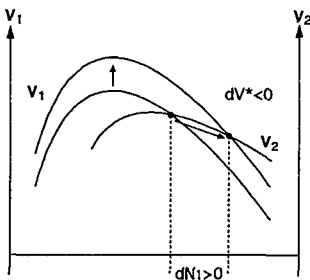
交通プロジェクトはIceberg型の交通費用の増加として3種類の交通整備を考慮することができる。すなわち、都市1の都市内交通整備、都市2の都市内交通整備、都市間交通整備である。それぞれの整備に対し比較静学分析を行うと以下ようになる。

(1) 都市1の都市内交通整備 (dτ11>0)

この整備の比較静学は以下ようになる。

$$dN_1^* = \frac{\frac{\partial V_1}{\partial \tau_{11}} - \frac{\partial V_2}{\partial \tau_{11}}}{-\left(\frac{\partial V_1}{\partial N_1} - \frac{\partial V_2}{\partial N_1}\right)} d\tau_{11} \tag{10.a}$$

ここで、サミュエルソンの安定条件より都市1の人口の変化は分子の符号によって決まる。その結果、都市1の都市内交通整備の効果は図－3のようになる。すなわち、交通整備によって人口が都市1により集中し両都市の効用水準が減少する結果となることがわかる。



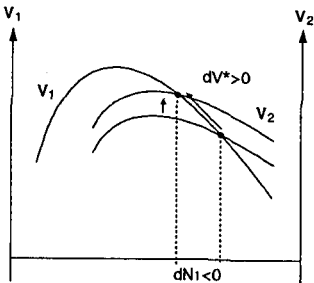
図－3 都市1の都市内交通整備の効果

(2) 都市2の都市内交通整備 (dτ22>0)

この整備の比較静学は以下ようになる。

$$dN_1^* = \frac{\frac{\partial V_1}{\partial \tau_{22}} - \frac{\partial V_2}{\partial \tau_{22}}}{-\left(\frac{\partial V_1}{\partial N_1} - \frac{\partial V_2}{\partial N_1}\right)} d\tau_{22} \tag{10.b}$$

この結果から、都市2の都市内交通整備の効果は図－4のようになり、交通整備によって人口が都市1から都市2へ分散し両都市の効用水準が増加することがわかった。



図－4 都市2の都市内交通整備の効果

(3) 都市間交通整備 (dτ12>0)

この整備の比較静学は以下ようになる。

$$dN_1^* = \frac{\frac{\partial V_1}{\partial \tau_{12}} - \frac{\partial V_2}{\partial \tau_{12}}}{-\left(\frac{\partial V_1}{\partial N_1} - \frac{\partial V_2}{\partial N_1}\right)} d\tau_{12} \tag{10.c}$$

この結果から、交通整備の効果はパラメータの値に依存し、人口移動、効用水準の変化は特定できないことがわかった。

以上の結果をまとめると以下の表となる。すなわち、一極集中状況下で既存集積地へ交通整備を実施すると、さらなる人口集中を生み社会的厚生（効用水準）を低下させることがわかる。

表－1 一極集中状況下での交通整備の効果

交通整備	dτ11>0	dτ22>0	dτ12>0
人口移動	dN1 > 0 dN2 < 0	dN1 < 0 dN2 > 0	dN1 = ? dN2 = ?
効用水準	dV* < 0	dV* > 0	dV* = ?

3－2 都市間帰着便益表

交通整備によって社会的厚生が低下する要因を分析するために都市1の都市内交通整備の都市間帰着便益

構成表」を作成すると表-2 になる。帰着便益連関表はある公共投資に対してその効果を主体別（列方向）、項目別（行方向）にまとめた表で社会市場内でキャンセルアウトする項目を明示的に示すことができる。この表より、最終的な便益（右下の合計値）は交通整備による利用者便益と人口移動による外部性の変化分の合計値で表されることがわかる。すなわち、交通整備による利用者便益に対し、その整備から派生する人口移動による負の外部性の変化分が大きいと、交通整備によって社会的厚生が低下することがわかる。

4. まとめ

本研究では、一極集中状況下の立地均衡状態を表現できる2都市モデルを構築し、その状態での交通整備の効果を分析した。その結果、一極集中状況下で既存集積地へ交通整備を実施すると、さらなる人口集中を生み社会的厚生を低下させることがわかった。また、この交通整備の都市間帰着便益連関表を作成することで社会的厚生が低下する要因を明確にした。その結果、

交通整備から派生する人口移動による負の外部性の変化分（負の便益）が利用者便益（正の便益）と比べて大きい場合、交通整備によって社会的厚生が低下することがわかった。このことは、利用者便益だけで便益の評価を行うことは、その整備による人口移動を考慮していないため、過小評価や過大評価になるおそれがあることを意味し、またそれは世帯の立地均衡状態に大きく依存することがわかった。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳, 大野栄治, 小池淳司: 一極集中状況下の公共投資に関する研究, 土木計画学研究講演集, No.16, pp.847-852, 1993.
- 2) Hisa MORISUGI, Taka UEDA: On the derivation of utility as a function of population, 土木学会第49回年次講演集第4部講演集, pp.914-915, 1993.
- 3) 森杉壽芳: プロジェクト評価に関する最近の話題, 土木計画学研究論文集, No.7, pp.1-33, 1989.
- 4) 吉川和広編著: 21世紀の都市と計画パラダイム, 丸善株式会社, 1994.
- 5) Varian, H.R.: Microeconomic Analysis, Norton & Company, 1984

表-2 都市間帰着便益連関表

主体 項目	都市1			都市2			その他の地域	合計
	世帯	不在地主	企業	世帯	不在地主	企業		
利用者便益	$z_1 N_1 \frac{p_1}{\tau_{11}} d\tau_{11}$							$z_1 N_1 \frac{p_1}{\tau_{11}} d\tau_{11}$
都市1の賃金所得	$N_1 dw_1$		$-N_1 dw_1$					0
都市2の賃金所得				$N_2 dw_2$		$-N_2 dw_2$		0
都市1の地価	$-q_1 N_1 dr_1$	$k_1 dr_1 + L_1 dR_1$	$-L_1 dR_1$					0
都市2の地価				$-q_2 N_2 dr_2$	$k_2 dr_2 + L_2 dR_2$	$-L_2 dR_2$		0
都市1合成財の価格	$-z_1 N_1 \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$		$Z_1 \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$	$-z_1 N_2 \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$			$-C'_{11} \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$	0
都市2合成財の価格	$-z_2 N_1 \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$			$-z_2 N_2 \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$		$Z_2 \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$	$-C'_{21} \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$	0
効用関数に対する外部性の変化	$N_1 \frac{\partial A_1}{\partial N_1} dN_1$ (<0)			$N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$ (>0)				$N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$ $+N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$
合計	$z_1 N_1 \frac{p_1}{\tau_{11}} d\tau_{11}$ $+N_1 dw_1$ $-q_1 N_1 dr_1$ $-z_1 N_1 \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$ $-z_2 N_1 \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$ $+N_1 \frac{\partial A_1}{\partial N_1} dN_1$	$k_1 dr_1 + L_1 dR_1$	0	$N_2 dw_2$ $-q_2 N_2 dr_2$ $-z_1 N_2 \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$ $-z_2 N_2 \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$ $+N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$	$k_2 dr_2 + L_2 dR_2$	0	$-C'_{11} \frac{1}{\tau_{11}} dp_1$ $-C'_{21} \frac{1}{\tau_{11}} dp_2$	$z_1 N_1 \frac{p_1}{\tau_{11}} d\tau_{11}$ $+N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$ $+N_2 \frac{\partial A_2}{\partial N_2} dN_2$