

空間経済の開放性に応じた公共投資の便益帰着分析*

Cost Benefit analysis on public investment from the point of the openness of spatial economics

上田 孝行** 笥 文彦***

by Takayuki UEDA, Fumihiko KAKEHI

1. 本研究の背景と目的

公共投資における事業の正当性の合理的な評価方法、各事業間の優先順位の設定についての客観的基準の確立が求められている。また、その評価手法も多岐にわたる。その中でも今日、応用一般均衡モデルを用いた評価¹⁾が多数行われているが、その際に空間経済の開放性(財、人口、資本の地域間移動の程度)についての取り扱い、必ずしも明確でない。開放性を考慮することは一般にモデルを非常に煩雑にするため、事業の影響地域を恣意的に設定せざるを得ない場合もある。しかし、開放性を無視すると便益の帰着構造は大きく変化する。そこで、本研究では、応用一般均衡モデルを用いて便益帰着分析を行う際に、考慮する開放性の分類に応じて比較することにより、開放性の考慮によって便益の帰着構造がどのように変わってくるかを示す。それにより開放性を考慮することの重要性を示すことを目的とする。

2. 開放性を考慮した空間的一般均衡モデルの構築

本稿では吉田(1985)²⁾に基づいて空間経済の開放性に応じた2地域2財の一般均衡モデルを構築する。開放性については、人口、財、資本について考え、分析する公共事業として、交通基盤整備、産業基盤整備、住環境整備の3つを考える。考えられる組み合わせは(図-1)に示すとおり。今回はそのうち①完全開放、③人口閉鎖、⑧完全閉鎖の場合について考える。今後①を基本に考え、③、⑧の①との相違を比較する。

開放性の分類	開放性の分類			公共事業の種類	記号	地域
	人口間の開放性	資本間の開放性	財間の開放性			
➡①	○	○	○	交通基盤整備	A_{ij}	($i=1,2$) ($j=1,2$)
②	○	×	○	地域産業基盤整備	Q_i	($i=1,2$)
➡③	×	○	○			
④	×	×	○	住環境整備	R_i	($i=1,2$)
⑤	○	○	×			
⑥	○	×	×			
⑦	×	○	×			
➡⑧	×	×	×			

図-1 開放性の分類と公共事業の種類

モデルの基本的仮定(完全開放)

(i)空間経済は2つの地域と2つの財より成り立っている。(ii)社会には、家計、私企業、交通企業、政府が存在する。(iii)それぞれの地域は一方の財の生産に特化されている。(iv)家計は両地域間での家計の効用関数が等しくなるまで移動を続ける。両地域の合計家計数は固定されている。(v)家計は、居住地域の企業に労働を提供する。(vi)資本は両地域で利率が均等になるまで自由に移動する。

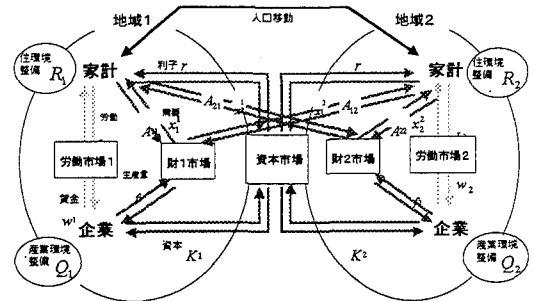


図-2 モデルの構造

*キーワード：開放性、便益帰着構成表

**正会員 工博 東京工業大学国際開発工学専攻

***学生員 東京工業大学大学院土木工学専攻

(〒152-8550 目黒区大岡山2-12-1)

各主体の行動

・家計の効用最大化行動

家計は所得制約の下で、2種類の財を消費するこ

とにより効用を最大化する。また効用関数は1次同次のコブダグラス型を用い、住環境は外生変数 R_i で表される。

$$\max_{x_1^i, x_2^i} U_i = x_1^{\beta} x_2^{1-\beta} R_i \quad (1)$$

$$s.t. \quad y_i = P_1^i x_1^i + P_2^i x_2^i \quad i=1,2 \quad (2)$$

U_i : 地域の家計の効用関数, x_j^i : 地域での財の需要,
 β : 家計の効用関数のパラメータ, y_i : 地域の家計の所得,
 R_i : 地域の住環境, P_j^i : 地域での財の価格

ラグランジュ乗数法を用いて需要関数を導出し、それを(a)に代入すると次の間接効用関数を与える。

$$V_i = \left(\beta \frac{r+w_i}{P_1^i} \right)^{\beta} \left((1-\beta) \frac{r+w_i}{P_2^i} \right)^{1-\beta} R_i \quad (3)$$

V_i : 地域の間接効用関数

・企業の利潤最大化行動

企業は各地域に一つ存在する代表的企業を考え、生産技術制約の下で労働、資本投入量、財生産量を調節し利潤を最大化する。企業の生産関数にコブダグラス型を用い、産業基盤投資による産業環境の変化は外生変数 Q_i で表される。

$$\max_{L_i, K_i} \pi_i = p_i f_i - r K_i - w_i L_i \quad (4)$$

$$s.t. \quad f_i = K_i^{\alpha_i} E_i^{1-\alpha_i} Q_i \quad i=1,2 \quad (5)$$

π_i : 地域の家計の効用関数
 f_i : 地域の家計の効用関数, L_i : 地域での財の需要,
 K_i : 地域の家計の所得, P_j^i : 地域での財の価格,
 r : 資本利子率, w_i : 地域での賃金率,
 Q_i : 地域の住環境, α_i : 地域での財の価格

ラグランジュ乗数法を用いると次の財の価格式と、資本量と労働量の関係式がえられる。

$$P_i = \frac{r}{\alpha_i Q_i} \left(\frac{w_i \alpha_i}{r(1-\alpha_i)} \right)^{1-\alpha_i} \quad (6)$$

$$K_i = \left(\frac{r}{P_i \alpha_i Q_i} \right)^{\frac{1}{1-\alpha_i}} L_i(\sigma) \quad (7)$$

・輸送投入係数 (Iceberg 型)

地域1(地域1)で生産された財を地域2(地域1)へ輸送する際にかかる費用を、輸送投入係数(Iceberg型)を用いて表す。これをもとに各地域での消費地財価格を定義すると次のようになる。

$$\begin{cases} P_1^1 = (1+A_{11})P_1 \\ P_2^1 = (1+A_{21})P_2 \\ P_1^2 = (1+A_{12})P_1 \\ P_2^2 = (1+A_{22})P_2 \end{cases} \quad (8)$$

P_j^i : 地域での財の価格($i=1,2, j=1,2$), P_i : 財の価格($i=1,2$),
 A_{ij} : 地域から地域への輸送投入係数 ($i=1,2, j=1,2$)
 A_{ii} : 地域内の輸送投入係数 ($i=1,2$)

一般均衡条件

①完全開放のケース

財、資本、労働のそれぞれについて市場清算条件式が成立する。また仮定(iv)より、総人口の制約式、家計の効用の均等条件式が成り立つ。

・財の需給均等式

$$f_1 = L_1(\sigma) x_1^1 (1+A_{11}) + L_2(\sigma) x_1^2 (1+A_{12}) \quad (9)$$

$$f_2 = L_2(\sigma) x_2^2 (1+A_{22}) + L_1(\sigma) x_2^1 (1+A_{21}) \quad (10)$$

・資本の需給均等式

$$K_1(\sigma) + K_2(\sigma) = K^* \quad (11)$$

K^* : 両地域の資本の合計

・労働の需給均等式

$$L_1(\sigma) = \frac{1}{Q_1} \left(\frac{w_1 \alpha_1}{r(1-\alpha_1)} \right)^{-\alpha_1} f_1 \quad (12)$$

$$L_2(\sigma) = \frac{1}{Q_2} \left(\frac{w_2 \alpha_2}{r(1-\alpha_2)} \right)^{-\alpha_2} f_2 \quad (13)$$

・総人口の制約式

$$L_1(\sigma) + L_2(\sigma) = L^* \quad (14)$$

L^* : 両地域の人口の合計

・家計の効用均等式

$$V_1(\sigma) = V_2(\sigma) \quad (15)$$

ここで $L_i(\sigma)$ の σ とは、 $\sigma=0$ が事業なし、 $\sigma=1$ が事業ありの均衡を示す。 $\sigma=\sigma$ は図3のように事業による影響が発現する移行過程での均衡を示す。

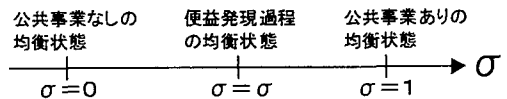


図-3 σ の表す均衡状態

③人口閉鎖のケース

人口の移動を無視することにより①完全開放のケースの均衡条件のうち(14),(15)が成立しない。また、実際には事業有りでも人口移動を無視することにより、事業無の場合と人口が変わらないとすることより(9)~(13)までの $L(\sigma), K(\sigma)$ を $L(0), K(0)$ と表す。本ケースの均衡状態を解くために L_1, L_2 を外生変数と

して事業有の場合に対して与える。

⑧完全閉鎖のケース

人口、財、資本の移動を認めないことにより、完全開放のケースの均衡条件のうち(10),(11),(13),(14),(15)が成立しない。また、③人口閉鎖と同様に $L(\sigma)$ が $L(0)$ になる。本ケースの均衡状態を解くために $L_1, L_2, K_1, K_2, P_2, f_2, w_2$ を外生変数として事業有に与える。

3. 便益帰着構成表³⁾

交通基盤整備 (dA_y)、地域産業基盤整備 (dQ_i)、住環境整備 (dR_i) が行われたときの開放性に応じた便益の帰着の構造の変化を見る。ここでは、地域1内で交通基盤整備 (dA_{11}) が行われた時の①完全開放と③人口閉鎖の場合の便益の帰着構造を比較してみたいと思う。

家計の便益の導出 (①完全開放)

EV (等価的偏差) の概念を用いると地域1の家計の便益は支出関数 e_1 を用いて次のようになる。

$$B_1 = e_1(P(0), V_1(P_1^1(1), P_2^1(1), y_1(1), A_{11}(1))) - e_1(P(0), V_1(P_1^1(0), P_2^1(0), y_1(0), A_{11}(0))) \quad (16)$$

(0)はプロジェクト前、(1)は後を表す。

(p)を積分型に書き直す。

$$B_1 = \int_{(0) \rightarrow (1)} e_{y_1} dV_1 = \int_{(0) \rightarrow (1)} e_{y_1} (V_{1A_1} dP_1^1 + V_{1P_2} dP_2^1 + V_{1y_1} dy_1) = \int_{(0) \rightarrow (1)} e_{y_1} V_{1y_1} (-x_1^1(1+A_{11})dP_1^1 - x_1^1 P_2^1 dA_{11} - x_2^1(1+A_{21})dP_2^1 + dr + dw) \quad (17)$$

よって地域1内交通基盤整備によって地域1の家計全体が受ける便益は次のようになる。なお、便益の導出に際し利子率 r をニューメレールとする。

- ・交通費用の低下による便益

$$-L_1(\sigma)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$$

- ・賃金の変化による便益

$$L_1(\sigma)dw_1$$

- ・価格の変化による便益

$$-L_1(\sigma)x_2^1(1+A_{21})dP_2^1 - L_2(\sigma)x_1^2(1+A_{12})dP_1^1$$

家計の便益の導出 (③人口閉鎖)

人口が固定され $L(\sigma)$ から $L(0)$ になる。また、財の価格、賃金に変化しない。これより交通輸送費用の低下による便益のみ出て来る。

- ・交通輸送費用の低下による便益

$$-L_1(0)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$$

企業の便益の導出 (①完全開放)

企業の利潤式をホテリングの補題を用いる。

$$d\pi_i = f_i dP_i + P_i \frac{\partial f_i}{\partial Q_i} dQ_i - K_i dr - L_i dw_i, \quad i=1,2 \quad (18)$$

地域*i*の企業の便益は次のとおり。

- ・賃金の変化による便益

$$-L_i(\sigma)dw_i$$

- ・価格の変化による便益

$$f_i dP_i$$

企業の便益の導出 (③人口閉鎖)

交通基盤整備の場合、人口閉鎖することにより賃金、価格が変化しなくなるので企業の便益は出なくなる。

便益帰着構成表は、便益を微分形式で表示すると次のようになる。

表-1 地域1内交通基盤整備 (①完全開放)

	地域1		地域2		合計
	家計1	企業1	家計2	企業2	
交通輸送費用の低下による便益 A_y	$-L_1(\sigma)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$				$-L_1(\sigma)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$
住環境の変化による便益 R_i					
産業環境の変化による便益 Q_i					
資本利子の変化による便益	0	0	0	0	0
賃金率の変化による便益	$L_1(\sigma)dw_1$	$-L_1(\sigma)dw_1$	$L_2(\sigma)dw_2$	$-L_2(\sigma)dw_2$	0
価格変化による便益	$-L_1(\sigma)x_2^1(1+A_{21})dP_2^1$ $-L_2(\sigma)x_1^2(1+A_{12})dP_1^1$	$f_1 dP_1$	$-L_2(\sigma)x_2^1(1+A_{21})dP_2^1$ $-L_1(\sigma)x_1^2(1+A_{12})dP_1^1$	$f_2 dP_2$	0
合計	$-L_1(\sigma)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$ $+L_1(\sigma)dw_1$ $-L_1(\sigma)x_2^1(1+A_{21})dP_2^1$ $-L_2(\sigma)x_1^2(1+A_{12})dP_1^1$	$-L_1(\sigma)dw_1$ $+f_1 dP_1$	$L_2(\sigma)dw_2$ $-L_2(\sigma)x_2^1(1+A_{21})dP_2^1$ $-L_1(\sigma)x_1^2(1+A_{12})dP_1^1$	$-L_2(\sigma)dw_2$ $+f_2 dP_2$	$-L_1(\sigma)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$

表-2 地域1内交通基盤整備 (③人口閉鎖)

	地域1		地域2		合計
	家計1	企業1	家計2	企業2	
交通輸送費用の低下による便益 A_y	$-L_1(0)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$				$-L_1(0)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$
住環境の変化による便益 R_i					
産業環境の変化による便益 Q_i					
資本利子の変化による便益	0	0	0	0	0
賃金率の変化による便益	0	0	0	0	0
価格変化による便益	0	0	0	0	0
合計	$-L_1(0)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$	0	0	0	$-L_1(0)x_1^1 P_2^1 dA_{11}$

人口の開放性を考慮しないケースでは地域1の便益を見た場合に価格変化の項が消える。総便益を見た場合には $L_1(\sigma)$ が $L_1(0)$ に変わるだけで形式的には開放性を考慮した完全開放の場合と同じである。ただし、便益額は一般には一致しない。

4. 数値シミュレーション

地域1内で交通基盤整備 (dA_{11}) が行われた時の①完全開放と③人口閉鎖の場合の数値シミュレーション結果を示す。

表-3 数値シミュレーションの結果(a)

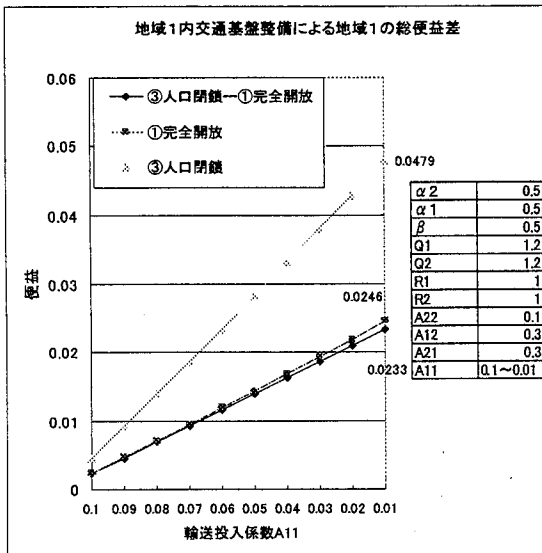


表-4 数値シミュレーションの結果(b)

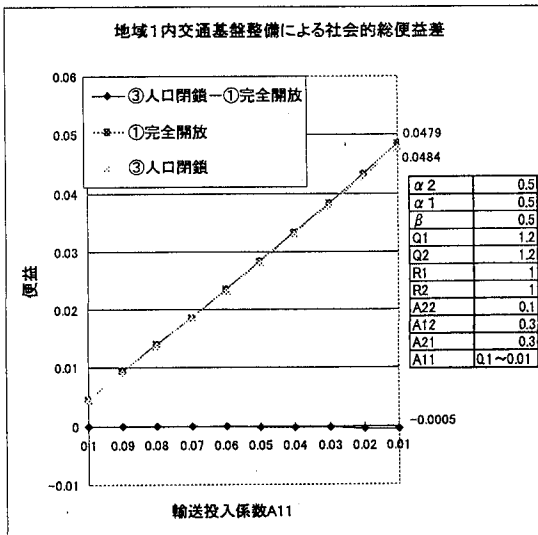


表-3より地域1の総便益は人口閉鎖を想定すると大きく過大評価することがわかる。表-4より社会的総便益を見る場合には若干過小評価しているもののそれが無視し得る大きさであることがわかる。

5. 結論

以上より本研究では以下の知見が得られる。

(i) 社会的総便益を評価する場合には、人口閉鎖することにより $L_1(\sigma)$ が $L_1(0)$ に変わるのだが、たかだか数%ほどの影響しか及ぼさず開放性を無視しても実際上問題はない。

(ii) 事業を行った地域1の帰着便益を評価する件は、①完全開放では含まれている価格変化による便益が③人口閉鎖では消えるため、開放性を無視すると便益を大きく誤って推計することになる。

最後に他のケースの結果をまとめたものを示す。

表-5 開放性を考慮しないことによる便益計測のバイアス

開放性の分類による便益差	③人口閉鎖-①完全開放		⑧完全閉鎖-①完全開放	
	地域1の便益	社会的総便益	地域1の便益	社会的総便益
公共事業の種類				
地域1内交通基盤整備	大 (価格変化による便益なし)	微小 (便益の形は同じの通り)	大 (③と同様)	微小 (③と同様)
地域1住環境整備	大 (価格変化による便益なし)	微小 (便益の形は同じの通り)	大 (③と同様)	微小 (③と同様)
地域1産業環境整備	なし	なし	なし	なし

(参考文献)

- 1) 土木学会土木計画学研究委員会：応用一般均衡モデルの公共投資評価への適用(土木計画学ワンデーセミナーシリーズ15)、1998.6
- 2) 吉田哲生：交通施設の統合的評価手法に関する研究、京大大学学位論文、1985
- 3) 上田孝行、高木朗義、森杉壽芳、小池淳司：便益帰着構成表アプローチの現状と発展方向について、運輸政策研究 Vol.2 No.2 1999 Summer, 1999