

人口移動を伴う交通プロジェクトの便益計測法

岐阜大学

(正会員) 森杉 壽芳

(正会員) 大野 栄治

(学生員) 森 知也

○(学生員) 藤井 由佳

1. はじめに

交通プロジェクト便益のショートカット計測とは、プロジェクトの効果が直接表れる交通市場の情報のみから便益を計測しようとするものであるが、人口移動を伴う場合にはプロジェクト便益のショートカット計測ができないことを示した研究がある¹⁾。これに対し、本研究では、プロジェクト便益に対する新たな定義を提案することにより、当該便益がショートカット計測値に近似されることを示す。

2. 社会経済モデル²⁾

2つの地域から成る都市を考える。各地域の中心にはCBDがあり、個人は居住地域のCBDへ通勤している。個人は居住環境の変化によって住み替えることができるが、そのときには勤務地(CBD)も同時に変えるものとする。また、社会は、世帯、私企業、不在地主、交通企業、政府の5部門で構成されるとし、以下のような行動モデルを仮定する。

2-1. 各部門の行動モデル

a) 世帯

$$\max_{a_j, s_j, x_j, z_j, \tau_j} U_j [a_j, s_j, x_j, z_j; se_j] \quad (1.a)$$

$$s.t. \quad \tau_j + l_j + s_j + t_j x_j = T, \quad (1.b)$$

$$r_j a_j + p_j x_j + p_z z_j = w_j l_j + y_j - g \quad (1.c)$$

U_j : 効用, a_j : 住宅地需要量, s_j : 余暇時間需要量, x_j : 私的交通需要量, z_j : 合成財需要量, se_j : 社会経済指標, τ_j : 通勤時間, l_j : 労働時間, t_j : 交通費用, T : 総利用可能時間, r_j : 住宅地代, p_j : 交通時間, p_z : 合成財価格 ($p_z=1$), w_j : 賃金率, y_j : 所得, g : 一括固定税。

間接効用関数 V_j : $V_j = v_j [q_j, r_j, w_j; \tau_j, p_z]$

$$+ v [q, r, w; \tau, p_z] \Omega_j \quad (1.d)$$

$$\text{立地選択確率 } P_j: P_j = \frac{\exp \theta V_j}{\sum_k \exp \theta V_k} \quad (1.e)$$

q_j : 一般化交通費用, Ω_j : 一般化可処分所得。

b) 私企業

$$\max_{A_j, L_j, X_j, Z_j} p_z Z_j - \{R_j A_j + p_j X_j + \rho_j N_j + w_j L_j + G\} \quad (2.a)$$

$$s.t. \quad Z_j = Z_j [A_j, (L_j - t_j X_j), X_j] \quad (2.b)$$

Z_j : 合成財生産量, A_j : 商業地需要量, X_j : 業務交通需要量, N_j : 労働需要量[人], L_j : 労働需要量[時], R_j : 商業地代, ρ_j : 通勤費用, G : 一括固定税。

$$\text{利潤関数 } \Pi_j: \Pi_j = \Pi_j [q_j, R_j, w_j, -G; \rho_j, p_z] \quad (2.c)$$

c) 不在地主

$$\max_{k_j, K_j} U'_j [k_j, K_j, z'] \quad (3.a)$$

$$s.t. \quad p_z z' = r_j k_j + R_j K_j + y'_j - g' \quad (3.b)$$

$$k_j \leq \bar{k}_j, \quad K_j \leq \bar{K}_j \quad (3.c) \quad (3.d)$$

k_j : 住宅地供給量, K_j : 商業地供給量

$$\text{間接効用関数 } V'_j: V'_j = v'_j [r_j, R_j; \bar{k}_j, \bar{K}_j, p_z] + v' [r, R; \bar{k}, \bar{K}, p_z] (y'_j - g') \quad (3.e)$$

d) 交通企業

$$C[(x+X), w, I] + SL = \sum_j p_j x_j N_j + \sum_j (p_j X_j + \rho_j N_j) \quad (4.a)$$

$$x+X \equiv \sum_j x_j N_j + \sum_j X_j \quad (4.b)$$

C : 事業費, x : 私的交通総需要量, X : 事業交通総需要量,

I : 投資額, SL : 余剰or損失。

e) 政府

$$\sum_j (g N_j + G + g') + SL = 1, \quad g = \alpha G = \beta g' \quad (5.a) \quad (5.b)$$

α, β : 政策的パラメータ。

2-2. 市場均衡条件

$$\text{住宅地: } a_j N_j = k_j, \quad (j=1, 2) \quad (6.a)$$

$$\text{商業地: } A_j = K_j, \quad (j=1, 2) \quad (6.b)$$

$$\text{労働: } L_j = l_j N_j, \quad (j=1, 2) \quad (6.c)$$

$$\text{合成財: } \sum_j p_z Z_j = \sum_j p_z z_j N_j + \sum_j p_z z'_j + C[(x+X), w, I] + I \quad (6.d)$$

$$\text{財産所得: } \Pi_j = y_j N_j + y'_j, \quad (j=1, 2) \quad (6.e)$$

$$\text{交通: } C[(x+X), w, I] + SL = \sum_j p_j x_j N_j + \sum_j (p_j X_j + \rho_j N_j) \quad (6.f)$$

$$\text{税: } \sum_j (g N_j + G + g') + SL = 1 \quad (6.g)$$

3. プロジェクト便益の定義

本研究では、プロジェクト便益の源泉を世帯及び地主の効用変化とし、その社会的純便益(SNB)は世帯の便益(REV)と不在地主の便益(LEV)の合計とする。

3-1. 世帯の便益

世帯効用の変化分を貨幣タームで評価する方法の1つとして、従来よりEV(あるいはCV)を用いる方法が提案されている。この方法を用いる際には「立地均衡時には全ての世帯の効用水準は等しい」という条件が付随してくるが、本研究では2.で述べた社会経済モデル(特に確率的住宅立地モデル)と整合性のある便益計測モデルを構築しようとしているので、本モデルに組み込まれている世帯の確率効用に対して上記均衡条件を適用することはできない。そこで、本研究では、まず立地均衡を次式で定義する。

$$N_j^* = \frac{\exp \theta V_j^* [r_j^* [N_j^*]]}{\sum_k \exp \theta V_k^* [r_k^* [N_k^*]]} \times \bar{N} \quad (7)$$

N_j^* : 均衡立地量(世帯数), $V_j^* [\cdot]$: 均衡効用関数(確定項部分), r_j^* : 均衡地代, $\bar{N}$: 総世帯数。

このとき、世帯の効用水準は $V_j^* + \varepsilon_j$ (確率項)で表される。一方、交通プロジェクト有の場合の世帯の効用水準を $V_j^{**} + \varepsilon_j$ とする。この効用変化 $\{\dots, V_j^* + \varepsilon_j, \dots\} \rightarrow \{\dots, V_j^{**} + \varepsilon_j, \dots\}$ を最大期待効用の変化 $S[V^*] \rightarrow S[V^{**}]$ 、すなわち、

$$\frac{1}{\theta} \ln \sum_k \exp \theta V_k^* \rightarrow \frac{1}{\theta} \ln \sum_k \exp \theta V_k^{**}$$

として捉え、この変化を貨幣タームで計測する。本研究では、上記の最大期待効用にEVの概念を適用して、世帯便益を次式で定義する。

$$S[q^b, r^b, w^b, \Omega^b; \tau^b, p_z^b] \\ = S[q^a, r^a, w^a, \Omega^a; EV; \tau^a, p_z^a] \quad (8)$$

右上添字a,b:プロジェクト無,有の状態。

従って、世帯の総便益REVは、次式で与えられる。

$$REV = \sum_j N_j \times EV \\ = \int_{a \rightarrow b} \frac{v}{v^a} \sum_j N_j \{-x_j dq_j - a_j dr_j \\ + l_j dw_j - w_j d\tau_j + dy_j - dg - z_j dp_z\} \quad (9)$$

3-2. 不在地主の便益

不在地主の効用は確定的に捉えているので、交通プロジェクトによる効用変化を貨幣タームで測る際には、従来のEV(あるいはCV)の定義がそのまま使える。本研究では、不在地主の便益を次式で定義する。

$$V_j^* [r_j^b, R_j^b, y_j^* - g^*, \bar{k}_j, \bar{K}_j] \\ = V_j^* [r_j^a, R_j^a, y_j^* - g^* + EV; \bar{k}_j, \bar{K}_j] \quad (10)$$

従って、不在地主の総便益LEVは次式で与えられる。

$$LEV = \sum_j EV^* \\ = \int_{a \rightarrow b} \frac{v^*}{v^a} \sum_j \{k_j dr_j + K_j dR_j + dy_j^* - dg^*\} \quad (11)$$

4. ショートカット便益計測

交通プロジェクトの社会的純便益SNBは、(9)(11)式ならびに(6.a)~(6.g)式(市場均衡条件式)より、以下のように展開される。

$$SNB = REV + LEV \quad (12.a)$$

$$= \int_{a \rightarrow b} \left\{ \Psi \sum_j \{-N_j x_j dq_j - X_j d\Phi_j - N_j d\Phi_j - k_j dr_j - K_j dR_j - dy_j^* + dg^*\} + \Psi^* \sum_j \{k_j dr_j + K_j dR_j + dy_j^* - dg^*\} + \Psi (\Delta SL - \Delta I) \right\} \quad (12.b)$$

$$= \int_{a \rightarrow b} \sum_j \left\{ \Psi \left\{ -N_j x_j \frac{dq_j}{d\sigma} - X_j \frac{d\Phi_j}{d\sigma} - N_j \frac{d\Phi_j}{d\sigma} - k_j \frac{dr_j}{d\sigma} - K_j \frac{dR_j}{d\sigma} - \frac{dy_j^*}{d\sigma} + \frac{dg^*}{d\sigma} \right\} + \Psi^* \left\{ k_j \frac{dr_j}{d\sigma} + K_j \frac{dR_j}{d\sigma} + \frac{dy_j^*}{d\sigma} - \frac{dg^*}{d\sigma} \right\} + \Psi (\Delta SL - \Delta I) \right\} d\sigma \quad (12.c)$$

$$\Psi = v/v^a, \quad \Psi^* = v^*/v^a, \quad (\Psi^* = \Psi^{**} = 1)$$

$$\Phi_j = \rho_j + w_j \tau_j, \quad (d\Phi_j = d\rho_j + w_j d\tau_j)$$

Φ_j : 一般化通勤費用, σ : 積分変数。

テラー展開の2次近似によって(12.c)式を変形する。例えば、 $\{\}$ 中の第1項 $\Psi N_j x_j \frac{dq_j}{d\sigma}$ は、

$$\Psi N_j x_j \approx N_j^a x_j^a + \sigma (\Psi^b N_j^b x_j^b - N_j^a x_j^a) \quad (13.a)$$

$$\frac{dq_j}{d\sigma} \approx q_j^b - q_j^a, \quad \Psi^b = 1 - \sum_k \xi_k \quad (13.b) \quad (13.c)$$

$$\xi_k \equiv \frac{dx_k^a}{d\Omega_j} (q_k^b - q_k^a) + \frac{da_k^a}{d\Omega_j} (r_k^b - r_k^a) \\ + \frac{dl_k^a}{d\Omega_j} (w_k^b - w_k^a) + \frac{dw_k^a}{d\Omega_j} (\tau_k^b - \tau_k^a) \quad (13.d)$$

のように近似される。以下同様、全項に対してテラー展開の2次近似を施すことにより、(12.c)式を次式のように変形することができる。

$$SNB = \sum_j \{ (N_j^a x_j^a + N_j^b x_j^b) (q_j^a - q_j^b) / 2 \\ + (X_j^a + X_j^b) (q_j^a - q_j^b) / 2 \\ + (N_j^a + N_j^b) (\Phi_j^a - \Phi_j^b) / 2 \} + \Delta SL - \Delta I + \xi \quad (14.a) \\ \xi \equiv -\sum_k \xi_k \sum_j \{ N_j^b x_j^b (q_j^a - q_j^b) / 2 \\ + X_j^b (q_j^a - q_j^b) / 2 + N_j^b (\Phi_j^a - \Phi_j^b) / 2 \\ + k_j^b (r_j^a - r_j^b) / 2 + K_j^b (R_j^a - R_j^b) / 2 \\ + (y_j^a - y_j^b) / 2 - (g_j^a - g_j^b) / 2 + (\Delta SL - \Delta I) / 2 \} \\ - \sum_k \xi_k \sum_j \{ -k_j^b (r_j^a - r_j^b) / 2 - K_j^b (R_j^a - R_j^b) / 2 \\ - (y_j^a - y_j^b) / 2 + (g_j^a - g_j^b) / 2 \} \quad (14.b)$$

ξ はSNBに対して無視できるほど小さい値であることが、既存研究の数値計算例より推測される³⁾。従って、SNBは、交通市場の情報のみで表すことができるため、(14.a)式をSNBのショートカット計測モデルと呼ぶことができるであろう。なお、(14.a)式の第1,2,3項はそれぞれ私的交通需要、業務交通需要、通勤交通需要に関する消費者余剰を意味する。

5. 今後の課題

本研究では(14.a)式の誘導において「テラー展開の2次近似で十分である」ということを暗黙のうちに認めているため、3次またはそれ以上の近似の必要性を検討する必要がある。

[参考文献]

- 1) 貝山道博(1988): 都市間人口移動と都市交通体系の変化の評価 - Alonso-Wheatonモデルの複数都市モデルへの拡張 - , The Economic Studies Quarterly, Vol.39, No.2, pp.174-185.
- 2) Morisugi, H. and Ohno, E. (1990): "Transport Benefit Evaluation with Inter-City Migration - Proposal of a Shortcut Method -", Paper Presented at the 4th ARSC Meetings.
- 3) 森杉壽芳, 林山泰久, 小島信二(1986): 交通プロジェクトにおける時間便益評価 - 簡便手法の実用化と精度の検討 - , 土木計画学論文集, No.4, pp.149-156.