

公共交通施設整備の帰着便益連関分析*

A Benefit Incidence Matrix For Public Transport Improvement

森 杉 壽 芳 ** 大 野 栄 治 *** 大 宮 正 浩 **** 杉 浦 博 保 *****

By Hisa MORISUGI, Eiji OHNO, Masahiro OHMIYA, Hiroyasu SUGIURA

The purpose of this study is twofold. The first is to clear up the process of transfer and incidence of benefits derived by public transport improvements. The second is to propose a matrix which can explicitly express this process.

In order to do so, first, we modify the definition of the benefits of household to carry out cost-benefit analysis taking into accounts random residential location theory. The theoretical framework of the model is a general equilibrium analysis so that we may measure not only direct but also indirect benefits. Second, we derive the incidence form of benefits which can be clarified by user benefits, increase of property value, financial aspect of transport sector and investment cost allocation.

As the result, by using this benefit incidence matrix in which, we may arrange those benefits systematically. And we show the effectiveness of our proposed benefit incidence matrix.

1. はじめに

現在の公共交通施設整備計画は、国民経済の観点からは実行に値する優良プロジェクトである場合でも、事業採算性の観点からは実行に値しないという理由で実現しない場合がある。その主な原因は、外部経済効果にともなう便益、特に地主に帰着する資産価値増加が事業者に還元されていないことにある。この問題点を解決するためには、開発利益の還元による財源調達を行う必要があるが、その際には受益者の明確化が不可欠となる。

そこで本研究は、公共交通施設整備による便益を計測し、その発生、転移、帰着構造の理論的背景を明らかにするとともに、これらの過程を明示できるような帰着便益連関表を提案することを目的とする。

本研究では、立地変化を考慮した便益評価を行うために、住宅立地モデルと整合性のあるランダム効用理論に基づいた便益評価を行う。すなわち、交通改善による時間節約便益を、最大効用の期待値の概念に基づいた等価的偏差EV (Equivalent Variation) により定義し、一般均衡理論を適用することにより、すべての間接効果を含んだ形で便益の計測を行う。さらに、本研究の目的である便益の発生、転移、帰着構造を知るために、便益の帰着形 (Incidence Form) を導き、効果を直接効果 (利用者便益)、間接効果 (資産価値増加、所得増加等) ごとに抽出し、各経済主体ごとの帰着便益を明示する。また、表-1に示すような帰着便益連関表を用いて、便益の発生、転移、帰着過程を表現する。以下、表-1における、各経済主体毎の費用便益項目①～⑧、発生ベース

* キーワーズ: 交通改善便益、帰着便益連関分析

** 正会員 工博 岐阜大学教授 工学部土木工学科

*** 正会員 工修 岐阜大学助手 工学部土木工学科

**** 学生会員 岐阜大学大学院工学研究科

(〒501-11 岐阜市柳戸1-1)

***** 正会員 名古屋市役所

(〒460 名古屋市中区三の丸3-1-1)

としての国民経済的純便益⑨～⑬, 帰着便益⑭～⑯および公共交通施設整備の純便益⑳を記入するための理論展開を行う。

表-1 帰着便益連関表

費用便益 主 体	公 営 企 業 (高速都市鉄道)	利 用 者		地主	合計
		世帯	私企業		
投 資	①				⑨
税 金	②	④			⑩
生産者余剰	③				⑪
利用者便益		⑤	⑦		⑫
地代上昇		⑥		⑧	⑬
合 計	⑭	⑮	⑯	⑰	⑳

2. 社会経済モデル

2. 1 仮定

仮定1) 社会は、世帯、不在地主、私企業、公営企業体（都市高速鉄道）から構成される。

仮定2) 社会で生産される財は価格1の合成財、交通サービスのみとする。

仮定3) 対象地域はすべての地域（ゾーン）が居住地となっているような広域都市生活圏とする。

仮定4) 世帯は労働を供給し、交通サービス、土地および価格1の合成財を消費するものとする。

仮定5) 世帯も、不在地主も同一の効用関数を持っているものとする。

仮定6) 土地需要者は世帯のみとし、企業立地は変化しないものとする。

仮定7) 社会は長期的均衡状態にあるものとする。

2. 2 世帯の行動

2. 2. 1 では住み替え後の居住地 i を与件とした、世帯の需要行動の定式化を行い、2. 2. 2 ではランダム効用理論に基づく世帯の居住地選択行動の定式化を行う。

2. 2. 1 世帯の需要行動^{1) 2) 3)}

i ゾーンに居住する世帯の効用は、土地需要量 a_i 、価格1の合成財消費量 z_i 、交通サービス消費量 x_i 、余暇時間 s_i によって表現されるものとする。さらに、世帯は労働を提供し、土地需要量、合成財消費量、交通サービス消費量、余暇時間をコントロールし予算制約と時間制約のもとに効用最大化行動をとるものと仮定すると、世帯の行動は次式のように定式化できる。

$$\max U_i(a_i, z_i, x_i, s_i) \quad (1.a)$$

$$a_i, z_i, x_i, s_i$$

$$s.t. z_i + p_i x_i + r_i a_i = w l_i + y - m \quad (1.b)$$

$$s_i + t_i x_i + l_i = T \quad (1.c)$$

ただし、 $U_i(\cdot)$ ：効用関数、 r_i ：地代、 w ：労働1単位当りの稼得所得（賃金率）、 l_i ：労働時間、 y ：労働以外の所得、 p_i ：交通サービス1単位当りの価格、 t_i ：交通サービス1単位当りの所要時間、 T ：利用可能総時間、 m ：一括固定税。

ここで、(1) 式をラグランジェ未定乗数法を用いて解くと、ゾーン i に居住する世帯の土地需要関数 (2.a) 式、合成財需要関数 (2.b) 式、交通需要関数 (2.c) 式、余暇時間消費関数 (2.d) 式、および労働供給関数 (2.e) 式を得る。

$$a_i = a_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (2.a)$$

$$z_i = z_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (2.b)$$

$$x_i = x_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (2.c)$$

$$s_i = s_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (2.d)$$

$$l_i = l_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (2.e)$$

ただし、 $q_i = p_i + w t_i$

$$\Omega = w T + y - m.$$

ここで、(2) 式を目的関数 (1.a) 式に代入することにより、世帯の達成可能な効用レベルを示す間接効用関数 V_i を得る。

$$V_i = V_i(q_i, w, r_i, \Omega) \quad (3)$$

2. 2. 2 世帯の居住地選択行動

公共交通改善により、地域間に効用差が発生し、世帯は効用レベルの高い地域へ住み替え行動をおこす。その際、世帯は選択肢集合の中から最大の効用を得ることのできる居住地を選択する。そこで、世帯の各々の選択肢に対する効用が確率変動するものと考え、(3) 式の間接効用関数に、確率変動項 ε_i を加法的に導入する。すなわち、世帯がゾーン k を選択することにより得られる効用 V_k を次式のように定義する。

$$\widetilde{V}_k = V_k + \widetilde{\varepsilon}_k, \quad \forall k \in A_n \quad (4)$$

ここで、記号「 $\sim$ 」はその変数が確率変数であることを示しており、 A_n は選択可能集合を表す。このとき、世帯がゾーン i を選択する確率 P_i は次式となる。

$$P_i = \text{Prob.} [\tilde{V}_i > \tilde{V}_k, i \neq k, i, k \in A_n] \\ = \text{Prob.} [V_i + \tilde{\varepsilon}_i > V_k + \tilde{\varepsilon}_k] \quad (5)$$

このとき、 $\tilde{\varepsilon}_k$ が平均0、分散 $(\pi^2/6\omega^2)$ のGumbel分布に従って確率変動するものと仮定すると、世帯の居住地選択行動は、次式のようにLogitモデルで確率的に表現される。

$$P_i = \frac{\exp \omega V_i}{\sum_k \exp \omega V_k} \quad (6)$$

ただし、 P_i ：世帯が居住地 i を選択する確率。

したがって、居住地 i を選択する世帯数 N_i は次式で表される。

$$N_i = P_i N \quad (7)$$

ただし、 N ：対象地域に居住する総世帯数

2.3 不在地主の行動¹⁾

i ゾーンに土地を所有する不在地主は、土地を供給せずに持ち続けることに對しても魅力を感じるものと考え、土地供給量 A_i 、価格1の合成財消費量 z'_i をコントロールし、予算制約のもとに効用最大化行動をとるものと仮定すると、不在地主の行動は次式のように定式化できる。

$$\max_{A_i, z'_i} U'_i(A_i, z'_i) \quad (8.a)$$

$$\text{s. t. } z'_i = r_i A_i + y' \quad (8.b)$$

ただし、 $U'(\cdot)$ ：不在地主の効用関数、 r_i ：地代、 y' ：地代収入以外の所得。また、 U' は世帯の $U(\cdot)$ 、 z_i 、 y と区別するための記号である。

ここで、(8)式をラグランジェ未定乗数法を用いて解くと、不在地主の合成財需要関数(9.a)式および土地供給関数(9.b)式を得る。

$$z'_i = z'_i(r_i, y') \quad (9.a)$$

$$A_i = A_i(r_i, y') \quad (9.b)$$

ここで、(9)式を(8.a)式に代入することにより、不在地主の達成可能な効用レベルを示す間接効用関数 V_i' を得る。

$$V_i' = V'_i(r_i, y') \quad (10)$$

2.4 私企業の行動¹⁾²⁾

社会における生産活動は、私企業と公営企業体(都市高速鉄道)の2つのみが行っているものとする。

まず、私企業は労働と交通サービスの投入により価格1の合成財を生産し、生産関数制約下での利潤最大化行動を行うものと仮定すると、私企業の行動は次式のように定式化できる。

$$\Pi = \max_{Z, X, L} \{Z - (pX + wL)\} \quad (11.a)$$

$$\text{s. t. } Z = F(X, L - tX) \quad (11.b)$$

ただし、 Π ：企業の利潤、 Z ：企業の合成財の生産レベル、 X ：企業の交通サービスの業務利用量、 L ：企業の雇用労働時間、 p ：業務交通サービス1単位当りの価格、 t ：業務交通サービス1単位当りの所要時間。

ここで、(11.b)式は通常の生産関数とは異なっているが、本モデルでは業務交通サービスを消費するために労働時間を利用する必要があると仮定していることによるものである。

また、(11)式を解くと業務交通需要関数(12.a)式、労働需要関数(12.b)式、合成財供給関数(12.c)式を得る。

$$X = X(q, w) \quad (12.a)$$

$$L = L(q, w) \quad (12.b)$$

$$Z = Z(q, w) \quad (12.c)$$

ただし、 $q = p + wt$ 。

2.5 公営企業体(都市高速鉄道)の行動

都市高速鉄道事業者は、収入 $\sum_i p_i N_i x_i + pX$ を得るために費用 $C(x + X, w, I)$ を負担する。このとき、収入と費用の間にギャップが生じた場合には、損失を政府の援助または課税によって補充したり、余剰を投資に充てたりするものと仮定する。したがって、公営企業体の行動は次式のように定式化できる。

$$C(x + X, w, I) + S = \sum_i p_i N_i x_i + pX \quad (13)$$

ただし、 $x = \sum_i N_i x_i$ 。

ここに、 $c(\cdot)$ ：交通サービス生産に要する費用関数、 I ：高速都市鉄道投資、 S ：高速都市鉄道事業者の生産者余剰または損失、 N_i ： i ゾーンに居住する世帯数。

2. 6 市場均衡条件

市場均衡条件式は、土地の需給 (14.a)、世帯数 (14.b)、合成財 (14.c)、労働時間 (14.d)、私企業の利潤配分 (14.e)、高速都市鉄道事業者の収支 (14.f)、税収 (14.g) に関する 7 式である。

$$A_i = N_i a_i \quad (14.a)$$

$$N_i = P_i N \quad (14.b)$$

$$\sum_i N_i z_i + C(x + X, w, I) + \sum_i N_i m = Z \quad (14.c)$$

$$\sum_i N_i l_i = L \quad (14.d)$$

$$\sum_i N_i y = \Pi \quad (14.e)$$

$$C(x + X, w, I) + S = \sum_i p_i N_i x + p X \quad (14.f)$$

$$\sum_i N_i m + S = I \quad (14.g)$$

ここで、(14.a) 式は、 i ゾーンに居住する世帯の総土地需要量が、 i ゾーンに土地を所有している不在地主の土地供給量と等しいという土地需給均衡条件を表している。(14.b) 式は、総世帯数一定条件を表している。(14.c) 式は、私企業の合成財生産量 Z は世帯の合成財消費量 $\sum_i N_i z_i$ と交通サービスの生産費用 C および税負担の和に等しいことを示している。(14.d) 式は、私企業の雇用労働時間が、世帯の労働供給時間の和に等しいことを示している。(14.e) 式は、私企業の利潤 Π が労働以外の収入 y として世帯に配分されることを示している。(14.f) 式は、高速都市鉄道事業者の収支バランスを示している。そして、(14.g) 式は、プロジェクトの投資は税収および生産者余剰により賄われていることを示している。

また、(14) 式において未知数は N_i 、 r_i 、 w 、 y 、 S 、 m の 6 つで、式の数 は 7 つである。このとき、ワルラスの法則⁵⁾により (14.c) ~ (14.g) 式のうち 1 つは従属関係にあるので、解の存在と唯一性を仮定する。

3. 公共交通施設整備便益

公共交通施設整備の実施により、世帯の交通条件が (p^A, t^A) から (p^B, t^B) に、私企業の交通条件が (p^A, t^A) から (p^B, t^B) に変化した場合を考

える。このとき、市場均衡式により、 w 、 y 、 m 、 q_i 、 r_i および N_i が変化し、その結果、世帯と不在地主の効用 V_i 、 V^A が変化する。この世帯と不在地主の効用の増加分を貨幣タームで評価したものを公共交通施設整備の便益という。なお、スーパースクリプト A, B はプロジェクト実行前、実行後を表す。

3. 1 便益の定義

3. 1. 1 世帯の便益⁵⁾

本研究では、等価的偏差 EV の概念を用いて便益を定義するが、本研究で定式化した居住地選択モデルは世帯の効用関数が確率変数で定義されているために、従来の EV の概念は適用できない。そこで、最大効用の期待値の概念を用いてランダム効用理論に基づく便益の定義を行う。

さて、最大効用の期待値は、一般に満足度関数と呼ばれており、(4) 式のように世帯の効用が加法的ランダム効用として定義され、その誤差項が互いに独立で同一のガンベル分布にしたがうと仮定する場合には、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} S(V) &= E[\max(V_j + \tilde{\varepsilon}_j)] \\ &= \frac{1}{\omega} \ln \sum_j \exp(\omega V_j) \end{aligned} \quad (15)$$

ただし、 $V = (V_1, \dots, V_k)$ 。

(15) 式より、世帯が住み替え行動により達成可能な効用水準の期待値を求めることができるので、この値を変化後の住み替えた地域の効用水準であるとみなす。つぎに、全地域に居住しているすべての世帯の行動をあたかも 1 つの代表的な世帯の行動として捉えるものと仮定すると、世帯は交通改善前においては、 $S(V^A)$ の効用水準を有しており、改善後には、 $S(V^B)$ の効用水準を得ることになる。したがって、世帯の公共交通改善による便益 EV^B は次式を満たす値として定義する。

$$S(V^B) = \frac{1}{\omega} \ln \sum_i \exp(\omega V(q_i^A, w^A, r_i^A, \Omega^A + EV^B)) \quad (16)$$

すなわち、ランダム効用理論に基づく EV^B とは、変化後の満足度水準を維持するという条件のもとに、変化前の満足度水準にとどまるために必要な最小補償額の期待値である。

3. 1. 2 不在地主の便益

不在地主は交通改善プロジェクトの効果を直接享受す

るわけではなく、世帯の住み替え行動により変化する地代あるいは土地需要量変化による効果を享受している。

そこで、ゾーン i に土地を所有している不在地主が享受する便益 EV_i' は次式を満たす値として定義する。

$$V_i^B = V_i^A(r_i^A, y' + EV_i') \quad (17)$$

3. 1. 3 社会的便益

公共交通施設整備による社会的便益 EV は、世帯便益の合計と不在地主便益の合計の和で定義し、(18) 式となる。

$$EV = NEV^{\#} + \sum_i EV_i' \quad (18)$$

4. 便益の帰着形¹⁾²⁾

4. 1 社会的便益

ここでは、(18) 式で示した EV の帰着形を表現し、便益の転移、帰着の構造を明らかにする。まず、世帯の便益 $EV^{\#}$ は(16) 式に支出関数を導入することにより(19) 式で表される。

$$EV^{\#} = e(q^A, w^A, r^A, w^A T, S(V^B)) - (y^A - m^A) \quad (19)$$

ただし、 $q = (q_1, q_2, \dots, q_i, \dots, q_k)$

$$r = (r_1, r_2, \dots, r_i, \dots, r_k).$$

この場合の支出関数 $e(\cdot)$ とは、変化前の状態、すなわち交通費用 p_i^A 、交通所要時間 t_i^A 、地代 r_i^A 、賃金率 w^A 、利用可能総時間 T のもとで、変化後の満足度水準 $S(V^B)$ を達成するのに必要な最小所得の期待値を表している。また、

$$y^A - m^A = e(q^A, w^A, r^A, w^A T, S(V^A)) \quad (20.a)$$

であり、さらに、

$$S(V^A) \equiv \frac{1}{\omega} \ln \sum_i \exp(\omega V(q_i^A, w^A, r_i^A, \Omega^A)) \quad (20.b)$$

なる関係に留意すると次式が導かれる。

$$EV^{\#} = e(q^A, w^A, r^A, w^A T, S(V^B)) - e(q^A, w^A, r^A, w^A T, S(V^A)) \quad (21)$$

この $EV^{\#}$ こそ、世帯の公共交通施設整備による便益である。次に、(21) 式を線積分で表すと(22) 式となる。

$$\begin{aligned} EV^{\#} &= \int_{S(V^A)}^{S(V^B)} e(q_i^A, w, r_i^A, w T, S(V)) dS(V) \\ &= \oint_{AB} \sum_i e_i S_{q_i} dq_i + \sum_i e_i S_{r_i} dr_i \\ &\quad + e_i S_y dy + e_i S_w dw \\ &\quad + e_i S_m dm \end{aligned} \quad (22)$$

ただし、 $S = S(V)$ 、 $e_i S = \partial e_i / \partial S$ (すなわち、サブスクリプトを付けた変数は微分係数を示している)。

また、(1) 式のラグランジェ関数は次式となる。

$$\begin{aligned} \Phi_i &= U_i(a_i, z_i, x_i, s_i) \\ &\quad + \lambda_i (\Omega - z_i - x_i q_i - r_i a_i - w s_i) \end{aligned} \quad (23)$$

ただし、 Φ_i : ラグランジェ関数、 λ_i : ラグランジェ未定乗数。

ここで、(23) 式に包絡定理³⁾を適用することにより次式を得る。

$$S_{q_i} = \frac{\partial S}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial q_i} = P_i \frac{\partial V_i}{\partial q_i} = -\lambda_i P_i x_i \quad (24.a)$$

$$S_{r_i} = \frac{\partial S}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial r_i} = P_i \frac{\partial V_i}{\partial r_i} = -\lambda_i P_i a_i \quad (24.b)$$

$$S_y = \sum_i \frac{\partial S}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial y} = \sum_i P_i \frac{\partial V_i}{\partial y} = \sum_i P_i \lambda_i \quad (24.c)$$

$$S_w = \sum_i \frac{\partial S}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial w} = \sum_i P_i \frac{\partial V_i}{\partial w} = \sum_i P_i l_i \lambda_i \quad (24.d)$$

$$S_m = \sum_i \frac{\partial S}{\partial V_i} \frac{\partial V_i}{\partial m} = \sum_i P_i \frac{\partial V_i}{\partial m} = -\sum_i P_i \lambda_i \quad (24.e)$$

ただし、 $\partial S / \partial V_i = P_i$ (P_i は(6) 式で得られる居住地選択確率)。

ここで、 λ_i が i に関して無差別であると仮定し、(24) 式より λ_i を消去して(22) 式に代入すると次式となる。

$$\begin{aligned} EV^{\#} &= \oint_{AB} e_i y (-\sum_i P_i x_i dq_i - \sum_i P_i a_i dr_i \\ &\quad + \sum_i P_i l_i dw + dy - dm) \end{aligned} \quad (25)$$

ただし、 $e_i y = e_i S_y$ 。

次に、不在地主の便益 EV_i' は (17) 式に支出関数を導入することにより次式となる。

$$EV_i' = e_i'(r_i^A, V_i^B) - e_i'(r_i^A, V_i^A) \quad (26)$$

ここで、(26) 式を線積分で表すと次式のようになる。

$$EV_i' = \oint_{A \rightarrow B} e_i'(V_i, r_i) dr_i \quad (27)$$

また、ロアの定理とその簡単な拡張により、

$$V_i' r_i = V_i' y \cdot A_i \quad (28)$$

なる関係⁹⁾ が得られるが、これを (27) 式に代入すると、次式を得る。

$$EV_i' = \oint_{A \rightarrow B} e_i' y \cdot A_i dr_i \quad (29)$$

以上の議論より、公共交通施設整備の社会的便益 EV は、(18)、(25)、(29) 式から次式のように表される。

$$\begin{aligned} EV &= NEV^{\#} + \sum_i EV_i' \\ &= \oint_{A \rightarrow B} e_i' y \cdot (-\sum_i N_i x_i dq_i - \sum_i N_i a_i dr_i \\ &\quad + \sum_i N_i l_i dw + dY - dM) \\ &\quad + \sum_i \oint_{A \rightarrow B} e_i' y \cdot A_i dr_i \quad (30) \end{aligned}$$

ただし、 $N dy = dY$ 、 $N dm = dM$ 。

ここで、(30) 式は公共交通施設整備便益の帰着形 (Incidence Form) を示している。すなわち、便益はすべて世帯と不在地主に帰着し、右辺第1項が価格および所要時間の変化による利用者(世帯)便益を示している(表-1:⑤)。また、第2項はプロジェクトによる固定資産価値の増大にともなう世帯の地代支払いの増分を示し(表-1:⑥)、第3項は世帯の賃金上昇による所得の増大分を示している。さらに、第4項は世帯の不労所得の増大分を表しており、第5項は世帯の納税額増分を表している。また、第6項は不在地主の地代収入の増分(表-1:⑦)を表している。

4. 2 私企業の便益

ここでは、社会的便益を土地市場から得られる情報

土地需給量、地代変化分)と交通市場から得られる情報(世帯と私企業の交通需要関数、交通条件の変化、事業者の生産者余剰、投資)で表現する。そのために、第3、4項を私企業の利用者便益で表現する。まず、(11.a)式に包絡定理を適用することにより次式を得る。

$$d\Pi + L dw = -X dq \quad (31)$$

また、市場均衡式(14.d)、(14.e)式より次式を得る。

$$L dw = \sum_i N_i l_i dw, \quad d\Pi = dY \quad (32)$$

(31) および (32) 式より (33) 式を得る。すなわち、(30) 式の第3、4項は私企業の利用者便益(表-1:⑦)で表現できる。

$$\sum_i N_i l_i dw + dY = -X dq \quad (33)$$

(33) 式と市場均衡式(14.g)式から、(30) 式は次式のように表現できる。

$$\begin{aligned} EV &= \oint_{A \rightarrow B} e_i' y \cdot (-\sum_i N_i x_i dq_i - X dq \\ &\quad - \sum_i N_i a_i dr_i) + \Delta S - I \\ &\quad + \sum_i \oint_{A \rightarrow B} e_i' y \cdot A_i dr_i \quad (34) \end{aligned}$$

ただし、 $\Delta S = S^B - S^A$ 。

(34) 式において、第2項は交通改善の間接便益(w , y の変化)を、私企業の交通需要関数により表している。そこで、世帯の直接便益である第1項と、この第2項をあわせて広義の利用者便益とよぶ。また、第4項は公営企業体の生産者余剰の増分(表-1:③)、第5項は投資額(表-1:④)を表している。また、この第4、5項は市場均衡方程式から次式を満たす。

$$\Delta S - I = -\Delta M \quad (35)$$

ただし、 $\Delta M = M^B - M^A$

したがって、第4、5項は、世帯にとっては納税額の増分(表-1:④)となる。

4. 3 地代変化の便益

ここでは、地代変化による効果の転移過程を示す。

世帯の地代支払い上昇分（ $-B_a$ ）と不在地主の地代収入の増分（ $+B_a$ ）は（30）式の第2，6項よりそれぞれ次式で与えられる。

$$-B_a = -\phi_{A0} e^{-\gamma} \sum_i N_i a_i d r_i \quad (36)$$

$$B_a = \sum_i \phi_{A0} e^{-\gamma} A_i d r_i \quad (37)$$

ここで、仮定5と市場均衡式（14.a）式より（36），（37）式は $-B_a + B_a = 0$ となり、世帯の地代支払い増分と不在地主の地代収入の増分はキャンセルされる。これは、地代上昇効果は移転所得となり、国民経済的純便益（発生ベース）としてはゼロ（表-1:⑨）となることを示している。この関係に留意して（34）式を書き換えると次式となる。

$$EV = \phi_{A0} e^{-\gamma} (-\sum_i N_i x_i d q_i - X d q) + \Delta S - I \quad (38)$$

移転所得をキャンセルする理論である上記の展開をショートカット理論と名付ける。（38）式はこのショートカット理論を適用すると、公共交通施設整備の純便益（表-1:⑨）が、交通市場のみから得られる交通需要関数、交通条件の変化および事業者の生産者余剰によって表現される便益の源泉形（Origin Form）として表現できることを示している。

5. 帰着便益連関表⁷⁾

ここでは、本研究の目的である便益の発生、転移、帰着構造を表現するための帰着便益連関表の提案を行う。

表-2は（30），（34），（38）式で示した便益の発生、転移、帰着過程を帰着便益連関表により表現したものである。

5. 1 便益の発生、転移構造

ここでは、帰着便益連関表における便益の発生、転移構造について述べる。

表-2の縦欄には投資額、税金、生産者余剰、利用者便益および地代の上昇からなる費用便益項目が記入されており、横欄には関連経済主体が記入されている。また、表内の数値の符号は、当該主体にとって支払いであればマイナス、享受であればプラスとなっている。以下、各費用便益項目ごとの数値記入方法について述べる。

まず、インフラ建設投資は公営企業（高速都市鉄道）によって行われるので、 $-I$ を公営企業に計上する。また、税金は利用者（世帯）によって支払われ、公営企業体の収入（表-1:②）となる。したがって、公営企業に $+\Delta M$ 、利用者に $-\Delta M$ を計上する。

生産者余剰は公営企業の料金収入から交通サービス生産コストを差し引いたものであり、 $+\Delta S$ を公営企業に計上する。また、利用者便益は、広義の利用者便益（（34）式の第1および2項）を利用者に計上する。すなわち、交通改善の直接効果 B_1 を世帯に計上し、間接効果を私企業の便益で表現した B_2 を私企業に計上する。

地代の上昇分は、地主の収入となり、世帯にとっては支払いとなるので、地主に $+B_a$ 、世帯に $-B_a$ を計上する。

以上で、当該プロジェクトの便益の発生、移転構造が決定された。以下、便益の帰着先を明確にし、プロジェクトの総合評価について述べる。

5. 2 帰着便益と総合評価

公共交通改善の帰着便益は表-2の最下欄に示される値、すなわち、各経済主体ごとの費用便益の合計値である。まず、公営企業の帰着便益は $\Delta S + \Delta M - I$ であるが、この値は（35）式よりゼロ（表-1:⑨）となる。また、利用者の帰着便益は、世帯が $B_1 - B_a - \Delta M$ （表-1:⑤）、私企業が B_2 （表-1:⑥）となる。ただし、 B_2 は世帯の享受する間接効果（ w ， y の変化）を私企業

表-2 帰着便益連関表

主体 費用便益	公 営 企 業 (都市高速鉄道)	利 用 者		地 主	合 計
		世 帯	私企業		
投 資	$-I$				$-I$
税 金	$+\Delta M$	$-\Delta M$			0
生産者余剰	$+\Delta S$				ΔS
利用者便益		$+B_1$	$+B_2$		$B_1 + B_2$
地 代 上 昇		$-B_a$		$+B_a$	0
合 計	0	$B_1 - B_a - \Delta M$	B_2	B_a	$B_1 + B_2 + \Delta S - I$

$$B_1 = -\phi_{A0} e^{-\gamma} \sum_i N_i x_i d q_i$$

$$B_2 = -\phi_{A0} e^{-\gamma} X d q$$

$$B_a = \phi_{A0} e^{-\gamma} \sum_i N_i a_i d r_i$$

$$B_a = \sum_i \phi_{A0} e^{-\gamma} A_i d r_i$$

$$\Delta M = M^B - M^A \quad (\Delta M = I - \Delta S)$$

$$\Delta S = S^B - S^A$$

の利用者便益として表現したものである。また、地主の帰着便益は地代上昇分 B_0 (表-1:⑩)であり、この便益は表から明らかなように、負担することなく享受されている。以上が公共交通改善による各経済主体の帰着便益である。

一方、表-2の最右欄の値は、便益の発生ベースである国民経済的純便益を示している。したがって、当該プロジェクトの便益を発生ベースでとらえると、建設投資 $-I$ (表-1:⑨)、生産者余剰 ΔS (表-1:⑪)、利用者便益 $B_1 + B_2$ (表-1:⑫)が発生していることになる。また、税金 (表-1:⑬)、地代上昇分 (表-1:⑩)は移転所得となり、国民経済的便益としてはゼロとなる。また、社会的純便益は $B_1 + B_2 + \Delta S - I$ (表-1:⑭)である。この値は、帰着便益連関表の性質から、表の最下欄の帰着便益の合計と、最右欄の発生便益の合計の双方に等しい。また、 $B_1 + B_2 + \Delta S - I$ は、ショートカット理論による公共交通改善便益の源泉型となっており、交通市場の情報のみで、直接便益のみならず間接便益をも計測可能であることを示している。

6 まとめ

本研究では、公共交通施設整備による便益の発生、転移、帰着構造を表現するための帰着便益連関表の提案を行った。しかし、本研究は、まだ理論分析の段階にとどまっており、実用性の検討が課題となるが、以下に示すような成果と今後の研究のための問題提起を得ることができた。

①大規模プロジェクトにも適用可能な、立地変化を考慮した便益評価をおこなうために、ランダム効用理論に基づく便益の計測方法を示した。また、本理論は一般均衡理論に依拠しているため、間接効果を考慮した便益評価が可能である。

②さらに、便益の帰着先を知るために、便益の帰着形を導き、効果を直接効果 (利用者便益)、間接効果 (資産価値上昇、所得増大等)ごとに抽出し、効果の発生、転移構造を理論的に明らかにした。

③本研究で提案した帰着便益連関表を用いて、便益の発生、転移、帰着構造を明確に表現し、各経済主体の帰着便益とその理論的背景を明らかにした。

④また、この帰着便益連関表から得られる社会的純便益は、ショートカット理論により、公共交通施設整備便益の源泉型となっており、交通市場の情報のみで直接便益のみならず間接便益をも計測可能であることを示した。

以上が本研究で得られた成果であり、この帰着便益連関表は、プロジェクトの社会的効率性、公平性基準の判定および費用負担問題を考えるうえでの示唆を与え得るものとする。また今後の課題として以下のような問題が残されている。

①本研究で計測される便益は施設効果のみであり、計画、建設段階に発生する事業効果は計測できない。また、代替路線 (機関)の事業者および利用者の存在を考慮していないため、競合機関の需要減少、混雑緩和便益等の一部の間接効果が計測できない。

②この他に、沿線の商業業務立地の集積による買物の利便性向上や、それにとまう売上増加等の評価方法の検討が必要である。

③また、公共交通施設整備による効果は、一般に広範囲の多くの経済主体に波及するので、どこまでを評価の対象とするかという判断基準の検討も必要となる。これらの事項を今後の課題としたい。

【参考文献】

- 1) 森杉壽芳: Two Simple Post-Evaluation Models for Expressway Network Formation, 日交研シリーズA-116, 日本交通政策研究会, 1987
- 2) 森杉壽芳・林山泰久・小島信二: 交通プロジェクトにおける時間便益評価, 土木計画学研究・論文集4, 1986, pp.149~156
- 3) 森杉壽芳・大野栄治・松浦郁雄: 地価を内生化した住宅立地モデル, 地域学研究第18巻, 日本地域学会, 1988, (投稿中)
- 4) 森杉壽芳・大野栄治・永見正行・河村成人: 土地投機を考慮した地価モデルの構築, 土木計画学研究・講演集11, 1988 (投稿中)
- 5) 森杉壽芳・由利昌平: ランダム効用理論に基づく住環境便益の定義とその測定について, 土木計画学研究・講演集10, 1987, pp.267~273
- 6) Hal R. Varian (佐藤隆三・三野和雄訳): ミクロ経済分析, 勁草書房
- 7) 杉浦博保: 公共交通施設整備の帰着便益の整理方法に関する研究, 岐阜大学学士論文, 1988