

都市環状道路整備施策の便益帰着分析*

Benefit Incidence Analysis of the Urban Ring Road Constructing Project*

武藤慎一**，高木朗義***

By Shinichi MUTO** and Akiyoshi TAKAGI***

1. はじめに

都市環状道路のような大規模道路の整備は，短期的には交通体系のみに影響を与えるが，中長期的には，整備地域の経済を活性化させ，その地域の魅力を高め，人々の立地変更を生じさせる可能性がある．これに対し，筆者らはこれまで，応用都市経済モデルと呼ぶ交通均衡と立地均衡とを統一的に扱ったモデルを提案し，事業評価への適用を試みてきた¹⁾．さらに，便益計測を行うことで，整備効果について，直接効果にとどまらず間接効果まで計測できるとしてきた．しかし，その効果，特に間接効果については具体的にどのような項目が，どの程度の大きさであるのかといった点についてまでは明らかにできていなかった．本稿では，応用都市経済モデルを用いて便益帰着分析を行うことで，計測される便益が具体的にどのような項目の効果であるのかを明らかにする．さらに，ここで整理した便益帰着構成表における項目が，実務において行政等が一般に想定している効果項目とどう対応するのかを明らかにする．

これは，最近になり各種マニュアルに基づく費用便益分析の実施が定着しつつある中で，伝統的な費用便益分析では明示的に扱われていなかった間接効果の計測に関心が集まっているものの，その計測については未だに誤った考え方がなされている場合があり，その点を本分析にて整理しようとしたものである．

まず，2. では，大規模道路整備事業の効果が一般的にはどのように扱われているかを定性的な観点から分析する．その中では，整備効果の発生メカニズムについても簡単に説明を行う．次に3. では，応用都市経済モデルの概要を示し，4. で便益帰着構成表の作成および帰着分析を行い，モデルから計測可能な効果の項目と2. で示した定性的な観点からの効果項目との対応関係について考察を行う．

2. 道路整備効果の間接効果

道路整備による間接効果とは，1. の冒頭で述べた，整備によりその地域の経済活動が活性化され，魅力が高まるという効果がその大きなものである．より具体的なものが，道路投資のマニュアル²⁾などにまとめられている．いくつか挙げると，1)生活機会の増大，2)雇用・所得増大，3)資産価値の上昇，4)新規立地に伴う生産増加などである．これらの項目以外にも，災害時の代替路確保や環境への影響といったものもあるが，これらの項目については本研究でも課題となったままである．

これら1)～4)の効果は，道路利用という行為を介して社会経済活動に及ぼされる効果といえ，これが間接効果と呼ばれる所以である．また，これらの効果が経済循環の中でさらに他の活動へも順次波及していく．生産増に伴う雇用増大効果などがそれである．このように考えると効果の計測に当たっては，効果の発生から波及，帰着といった流れを的確に捉えなければならない．この点で，経済活動の連関を記述している応用都市経済モデルにおいては，ここで示したような間接効果まで評価できることとなっている．次の章では，応用都市経済モデルの概要を示す．

3. 応用都市経済モデルの概要

(1) モデルの前提条件

本モデルは，以下の前提条件に基づく．

- 1)ここでは，都市圏レベルの地域を対象とし，それはI個のゾーンに分割されているとする．
- 2)ゾーンには，家計，企業，建物開発者，不在地主が存在する(図-1)．なお，企業は，合成財企業と商業系企

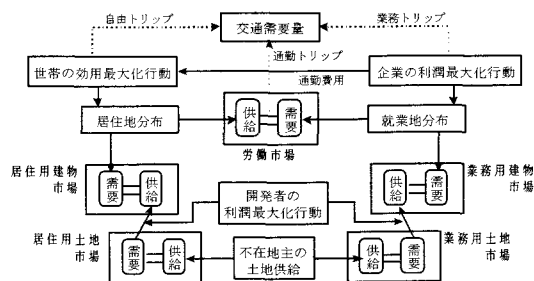


図-1 ゾーンiにおける経済主体関係図

*キーワード：事業評価，応用都市経済モデル，便益帰着分析

**正会員 博(工) 岐阜大学助手 工学部 土木工学科

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

E-Mail: shinichi@cc.gifu-u.ac.jp)

***正会員 博(工) 岐阜大学講師 工学部 土木工学科

業からなるものとする。また、都市圏には一つの地方政府が存在し、都市環状道路整備を行う。

- 3) 土地と建物は別個に取り引きされているとする。また、それぞれ居住用と業務用とを区別して扱う。
- 4) 市場は、土地市場、建物市場からなるとし、それぞれ居住用と業務用とにわかれている。

(2) 家計の行動モデル

家計は生産要素を提供することにより所得を得て、その制約下で効用最大化行動をとるものとする。ここで、財および余暇を消費する際には、商業系企業が提供するサービスを必要とするものとし、そのサービスを消費するために自由トリップを発生させるとする。

$$V_i^H = \max_{x_{Zi}^H, x_{Fi}^H, x_{Ti}^H, x_{Si}^H, l_i^H} U_i^H(x_{Zi}^H, x_{Fi}^H, x_{Ti}^H, x_{Si}^H, l_i^H) \quad (1a)$$

$$\text{s.t. } x_{Zi}^H + p_{Fi}^H x_{Fi}^H + q_{Ti}^H x_{Ti}^H + p_{Si}^H x_{Si}^H + w l_i^H = w \left[T - \frac{\sum_{j \in I} n_{ij} t_{ij}}{N_i} \right] \quad (1b)$$

ただし、 V_i^H ：ゾーン*i*の家計の効用水準、 x_{Zi}^H ：価格1の合成財消費量、 x_{Fi}^H ：居住用建物床消費量、 x_{Ti}^H ：自由トリップ消費量、 x_{Si}^H ：商業系企業サービス消費量、 l_i^H ：余暇消費量、 p_{Fi}^H ：居住用建物地代、 q_{Ti}^H ：自由トリップの一般化価格、 p_{Si}^H ：商業系企業サービス価格(固定)、 w ：賃金率(固定)、 T ：総利用可能時間(固定)、 n_{ij} ：ゾーン*i*に居住しゾーン*j*で就業する家計数、 t_{ij} ：*ij*間の交通所要時間、 N_i ：ゾーン*i*の家計数。

式(1)を解くと、各財の消費量とともに効用水準が求められる。さらに、包絡線の定理を適用すると効用水準の全微分形が以下のように求められる。

$$dV_i^H = \lambda \left[-x_{Fi}^H dp_{Fi}^H - x_{Ti}^H dq_{Ti}^H - w \sum_j \frac{n_{ij}}{N_i} dt_{ij} - w \sum_j t_{ij} d \left\{ \frac{n_{ij}}{N_i} \right\} \right] \quad (2)$$

ただし、 λ ：式(1)の最適化問題を解く際に用いたラグランジュ乗数。

式(2)は家計の効用変化が、建物地代変化(第一項)、交通一般化価格変化(第二項)、通勤時間変化(第三項)、通勤分布変化(第四項)により表されることを示している。

家計は式(1)を解いて得られるゾーンごとの効用水準を指標として、居住地のゾーン選択を行うものとする。ここではそれをロジットモデルにより定式化する。

$$P_i^H = \frac{\exp \theta^H V_i^H}{\sum_j \exp \theta^H V_j^H} \quad (3)$$

なお、対象地域全体の平均効用を表す最大期待効用値は以下のように得られる。

$$S^H = \frac{1}{\theta^H} \ln \sum_i \exp \theta^H V_i^H \quad (4)$$

(3) 企業の行動モデル

a) 合成財企業の行動モデル

合成財企業は、建物と業務トリップ、労働を投入して、生産技術制約の下で利潤が最大となるように生産を行っているものとする。

$$\Pi_i^M = \max_{x_{Fi}^M, x_{Ti}^M, L_i^M} \left[y_i^M - p_{Fi}^M x_{Fi}^M - q_{Ti}^M x_{Ti}^M - w L_i^M \right] \quad (5a)$$

$$\text{s.t. } y_i^M = y_i^M(x_{Fi}^M, x_{Ti}^M, L_i^M) \quad (5b)$$

ただし、 y_i^M ：合成財生産量、 x_{Fi}^M ：業務用建物床投入量、 x_{Ti}^M ：業務トリップ投入量、 L_i^M ：労働投入量、 p_{Fi}^M ：業務用建物地代、 q_{Ti}^M ：業務トリップの一般化価格。

これを解くと、各財の投入量とともに利潤が得られる。さらに包絡線の定理を適用すると利潤の全微分形が以下のように求められる。

$$d\Pi_i^M = -x_{Fi}^M dp_{Fi}^M - x_{Ti}^M dq_{Ti}^M \quad (6)$$

b) 商業系企業の行動モデル

商業系企業は、家計が発生させる自由トリップの集中交通量により決定される商業サービス需要を満たすという制約の下でサービスの生産を行っているものとし、その行動を費用最小化問題により定式化する。そして、その生産には建物と業務トリップ、労働が投入されるものとする。

$$C_i^S = \min_{x_{Fi}^S, x_{Ti}^S, L_i^S} \left[p_{Fi}^S x_{Fi}^S + q_{Ti}^S x_{Ti}^S + w L_i^S \right] \quad (7a)$$

$$\text{s.t. } y_i^S = y_i^S(x_{Fi}^S, x_{Ti}^S, L_i^S) = \varsigma \sum_j x_{Tj}^H \quad (7b)$$

ただし、 x_{Tj}^H ：ゾーン*j*から*i*への自由トリップ数、 C_i^S ：商業系企業の生産費用、 x_{Fi}^S ：商業系企業業務用建物床投入量、 x_{Ti}^S ：商業系企業業務トリップ投入量、 L_i^S ：商業系企業労働投入量、 p_{Fi}^S ：商業系企業業務用建物地代、 q_{Ti}^S ：商業系企業業務トリップ一般化価格、 y_i^S ：商業サービス生産量、 ς ：自由トリップ集中量の商業サービス生産量換算係数。

これを解くと、商業系企業が投入する各財の投入量と利潤が得られる。これまでと同様包絡線の定理を用いると以下のように全微分形が得られる。

$$d\Pi_i^S = p_S dy_i^S - x_{Fi}^S dp_{Fi}^S - x_{Ti}^S dq_{Ti}^S \quad (8)$$

この第一項は、商業系企業の生産量変化による影響を表している。この項が残るのは、式(7)のモデル化において、商業系企業はその生産を自らの意思で決定するわけではなく、自由トリップの集中交通量に応じて決定されたとしたためと考えられる。

c) 企業の立地選択行動

企業については、商業系企業のみが立地を変更するものとする。なお、その定式化は、家計の居住地選択行動と同様に行った。ただし、家計モデルでは効用水準を指標としていた部分を利潤に置き換えている。ここでは具体的な定式化は省略する。

(3) 交通行動モデル

自由トリップ、業務トリップ、通勤トリップに関する交通行動モデルの定式化を示す。前節にて求めた家計の自由トリップ消費、企業の業務トリップ消費に対し、目的地選択および経路選択行動の定式化を行う。まず、目的地選択については、以下のようなロジットモデルの形での定式化を行った。

$$P_{ij}^D = \frac{\exp[\theta^D \cdot \{-q_{ij}\}]}{\sum_j \exp[\theta^D \cdot \{-q_{ij}\}]} \quad (9)$$

また、最大期待効用値は次のように求められ、これは式(1)、(5)、(7)におけるゾーン平均交通一般化価格とみなすことができる。

$$q_i = (S_i^D)^{-1} \frac{1}{\theta^D} \ln \sum_j \exp[\theta^D \cdot \{-q_{ij}\}] \quad (10)$$

式(10)の全微分形は以下になる。

$$dq_i = \sum_j \frac{\partial q_i}{\partial q_{ij}} dq_{ij} = w \sum_j P_{ij}^D dt_{ij} \quad (11)$$

続いて経路選択行動であるが、本モデルでも既往モデルと同様利用者均衡原理に基づき定式化を行った。また、通勤トリップについても既往モデルと全く同様であるので、それらの定式化はここでは省略する。

(4) 建物開発者の行動モデル

建物開発者は、不在地主から提供された土地 x_{Li}^D と資材 x_{Ki}^D を投入して、利潤最大化行動の下で建物进行供給しているとする。

$$\pi_i^{DH} = \max_{y_{Fi}^{DH}} \left[p_{Fi}^H y_{Fi}^{DH} - (p_{Li}^H x_{Li}^{DH} + p_K x_{Ki}^{DH}) \right] \quad (12a)$$

$$\text{s.t. } y_{Fi}^{DH} = y_{Fi}^{DH}(x_{Li}^{DH}, x_{Ki}^{DH}) \quad (12b)$$

ただし、 y_{Fi}^{DH} ：居住用建物床供給量、 p_{Li}^H ：住宅用地代、 p_K ：資材価格(固定)、 π_i^{DH} ：建物開発者の居住用建物供給における利潤。

これを解くことにより、各財の投入量とともに、建物開発者の利潤が求められる。さらに、包絡線の定理よりその全微分形が以下のように得られる。

$$d\pi_i^{DH} = y_{Fi}^{DH} dp_{Fi}^H - x_{Li}^{DH} dp_{Li}^H \quad (13)$$

式(13)は居住用のものである。業務用のものも全く同

様に定式化を行っており、よって、建物開発者の総利潤の全微分形 $d\pi_i^D$ は以下になる。

$$d\pi_i^D = d\pi_i^{DH} + d\pi_i^{DF} + d\pi_i^{DS} \quad (14)$$

ただし、 $d\pi_i^{DF}$ ：合成財企業への建物供給による利潤変化、 $d\pi_i^{DS}$ ：商業系企業への建物供給による利潤変化。

(5) 不在地主の行動モデル

不在地主は、家計、企業へ土地を供給し、地代収入による利潤を得る。その不在地主の土地供給関数を以下のように定式化する。

$$y_{Li}^{HH} = \overline{y_{Li}^{HH}} \cdot \left(1 - \frac{\sigma_i^H}{p_{Li}^H} \right) \quad (15)$$

ただし、 $\overline{y_{Li}^{HH}}$ ：居住用土地供給可能面積、 σ_i^H ：パラメータ。

不在地主は、式(15)にて求められる土地を提供して、地代収入を得る。それは不在地主の利潤となり、その全微分形は以下になる。

$$d\pi_i^{HH} = y_{Li}^{HH} dp_{Li}^H \quad (16)$$

なお、企業への土地供給を考慮した不在地主の総利潤 Π_i^L の全微分形は以下になる。

$$d\Pi_i^L = d\pi_i^{HH} + d\pi_i^{LF} + d\pi_i^{LS} \quad (17)$$

ただし、 $d\pi_i^{LF}$ ：合成財企業への業務用土地供給による利潤変化、 $d\pi_i^{LS}$ ：商業系企業への業務用土地供給による利潤変化。

(6) 均衡条件

均衡条件は、立地均衡条件と市場均衡条件からなるが、これらの条件は既往モデルと全く同様であるので、ここでは省略する。

4. 都市環状道路整備の便益帰着分析

本研究では、都市環状道路整備事業を対象とする。その効果は、家計については効用の増分として、他の主体は利潤の増分として計測される。

$$ZNB_i = N_i \cdot ZCEV_i + FEV_i + SEV_i + DEV_i + LEV_i \quad (18)$$

ただし、 ZNB_i ：ゾーン別総便益、 $ZCEV_i$ ：家計便益、 FEV_i ：合成財企業の利潤上昇分、 SEV_i ：商業系企業の利潤上昇分、 DEV_i ：建物開発者の利潤上昇分、 LEV_i ：不在地主の利潤上昇分。

家計の便益は、既往研究通り等価的偏差 EV の概念を用いる。なお、ここでは便益帰着を明らかにすることを目的にしているため、ゾーン別 EV に着目して分析を進める。なお、求められるゾーン別 EV は、式(2)、(11)を利用すると最終的に以下のように表される。

表-1 ゾーン*i*における帰着構成表

	家計	合成財企業	商業系企業	建物開発者	不在地主	合計
<i>i-j</i> 間所要時間 変化(自由・業 務トリップ)	$-N_i \cdot w \sum_j x_{Ti}^H P_{ij}^D dt_{ij}$	$-w \sum_j x_{Ti}^M P_{ij}^D dt_{ij}$	$-w \sum_j x_{Ti}^S P_{ij}^D dt_{ij}$			<i>A</i>
通勤時間変化	$-N_i \sum_j w \frac{n_{ij}}{N_i} dt_{ij}$					<i>B</i>
通勤分布変化	$-N_i w \sum_j t_{ij} d \left\{ \frac{n_{ij}}{N_i} \right\}$					<i>C</i>
商業系企業 生産量変化		$p_s dy_i^S$				$p_s dy_i^S$
建物地代変化	$-x_{Fi}^H dp_{Fi}^H$	$-x_{Fi}^M dp_{Fi}^M$	$-x_{Fi}^S dp_{Fi}^S$	$y_{Fi}^{DH} dp_{Fi}^H +$ $y_{Fi}^{DM} dp_{Fi}^M +$ $y_{Fi}^{DS} dp_{Fi}^S$		0
地代変化				$-x_{Li}^{DH} dp_{Li}^H +$ $-x_{Li}^{DM} dp_{Li}^M +$ $-x_{Li}^{DS} dp_{Li}^S$	$y_{Li}^{LH} dp_{Li}^H +$ $y_{Li}^{LM} dp_{Li}^M +$ $y_{Li}^{LS} dp_{Li}^S$	0
合計	$N_i \cdot ZCEV_i$	FEV_i	SEV_i	DEV_i	LEV_i	ZNB_i

$$A = -N_i \cdot w \sum_j x_{Ti}^H P_{ij}^D dt_{ij} - w \sum_j x_{Ti}^M P_{ij}^D dt_{ij} - w \sum_j x_{Ti}^S P_{ij}^D dt_{ij}, \quad B = -N_i \sum_j w \frac{n_{ij}}{N_i} dt_{ij}, \quad C = -N_i w \sum_j t_{ij} d \left\{ \frac{n_{ij}}{N_i} \right\}$$

$$ZCEV_i = \oint_{A \rightarrow B} \frac{\partial e_i^H}{\partial V_i^H} \lambda \left[-x_{Fi}^H dp_{Fi}^H - w \sum_j x_{Ti}^H P_{ij}^D dt_{ij} - w \sum_j \frac{n_{ij}}{N_i} dt_{ij} - w \sum_j t_{ij} d \left\{ \frac{n_{ij}}{N_i} \right\} \right] \quad (19)$$

また、他の主体の便益については以下ようになる。

$$FEV_i = \oint_{A \rightarrow B} \left[-x_{Fi}^M dp_{Fi}^M - w \sum_j x_{Ti}^M P_{ij}^D dt_{ij} \right] \quad (20a)$$

$$SEV_i = \oint_{A \rightarrow B} \left[p_s dy_i^S - x_{Fi}^S dp_{Fi}^S - w \sum_j x_{Ti}^S P_{ij}^D dt_{ij} \right] \quad (20b)$$

$$DEV_i = \oint_{A \rightarrow B} \left[y_{Fi}^{DH} dp_{Fi}^H - x_{Li}^{DH} dp_{Li}^H + y_{Fi}^{DM} dp_{Fi}^M - x_{Li}^{DM} dp_{Li}^M + y_{Fi}^{DS} dp_{Fi}^S - x_{Li}^{DS} dp_{Li}^S \right] \quad (20c)$$

$$LEV_i = \oint_{A \rightarrow B} \left[y_{Li}^{LH} dp_{Li}^H + y_{Li}^{LM} dp_{Li}^M + y_{Li}^{LS} dp_{Li}^S \right] \quad (20d)$$

これらをまとめたものが、表-1 に示す便益帰着構成表である。なお、表-1の帰着構成表はゾーン*i*に着目したものである。表-1より、ゾーン*i*における便益としては、①自由、業務および通勤トリップ所要時間の変化、②家計がどのゾーンへ通勤しているかという通勤分布の変化、③商業サービス生産量の変化、④建物地代および地代の変化、の四項目による影響からなることがわかる。よって、2. との対応からすると、ここでは間接効果として、商業サービスのみについてではあるが、新規生産増加と資産価値の上昇について計測できていることがわかる。ただし、資産価値の変化はキャ

ンセルアウトされ、総便益には何ら影響を与えていないように見える。しかし、実際には、例えば資産価値の変化は経済循環の中で新たな交通トリップを発生させ、よって資産価値変化の影響は、交通所要時間変化による影響の部分に含まれて計測されていることが知られている³⁾。その点は、紙面の都合上、講演時に数値計算結果に基づき明らかとする。

5. おわりに

本研究では、筆者らがこれまで応用都市経済モデルを用いて行ってきた都市環状道路整備の評価において、便益の帰着分析を行い、いわゆる間接効果といったものがモデル上ではどう位置づけられているのかを明らかにした。

ただし、実際に間接効果がどの程度発生しているのかについては明らかにできておらず、それらは講演時に示すこととする。

参考文献

- 1) 武藤慎一・秋山孝正・高木朗義(2001): 空間的構造変化を考慮した都市環状道路整備の便益評価, 交通学研究/2000年研究報告年報(通巻44号), pp. 205-214
- 2) 道路投資の評価に関する指針検討委員会編(1998): 道路投資の評価に関する指針, (財)日本総合研究所。
- 3) 中村英夫編, 道路投資評価研究会著(1997): 道路投資の社会経済評価, 東洋経済新報社, pp.75-99.