

外部経済効果を考慮した，都市交通改善がもたらす 開発利益の帰着分析モデル

A MODEL FOR ANALYSING THE IMPUTATION OF BENEFITS GENERATED BY
URBAN TRANSPORT IMPROVEMENT CONSIDERING EXTERNAL ECONOMIES

林 良嗣*・土井健司**・奥田隆明***

By Yoshitsugu HAYASHI, Kenji DOI and Takaaki OKUDA

There have been several methods to analyse benefits of transport improvements. However, no model can measure appropriately the imputation by interest group and by region, considering the external effects due to locational interaction of tertiary industries. This model is developed to estimate the total generated benefit of transport improvement including the external effects and also the amount of its imputation to land owners, enterprises and commuters in each region at any time after the improvement.

Keywords: transport improvement, land property values, external economies, value capture

1. はじめに

わが国においては，都市交通施設整備の財源は，他国と比べて直接受益者である利用者の負担に大きく依存しているのが特徴である¹⁾。交通改善に伴う便益は，利用者だけでなく沿線地域の土地所有者あるいは都心の事業所等にも，その多くがいわゆる開発利益として帰着しているといわれる。しかしながら，交通改善便益が，いつ，どの主体に，どれほど帰着するかといった受益量および受益割合の特定は，従来きわめて困難であったし，実際これを分析した例は少ない²⁾。このことは，開発利益の還元を制度化する際の1つの大きな障害ともなってきた。

従来より，交通改善便益の帰着を扱うモデルについてはいくつかの研究がなされてきているが²⁾⁻⁹⁾，プロジェクトの財務分析に利用できるような，主体別の経年的な受益額の計測を試みたものは，きわめて限られる²⁾。

これに対し，著者らも，通勤交通の改善便益について主体別および地域別帰着額を計測するモデルを開発してきている¹¹⁾。このモデルは，資産価値法^{2), 3)}による計測

を1つの特殊な場合として含み，時間の経過とともに通勤者の便益が土地資産価値へと転移していく過程を表現できるものであったが，便益の帰着主体として通勤者と土地所有者のみを考え，発生便益の総量が一定に保たれるという限定された状況下でのモデル化であった。一般には，人口の立地に伴う小売商業の立地をはじめとして商業業務活動間の立地連関を介して，いわゆる外部経済効果としての追加便益が発生し，また，改善便益は時間の経過とともに周辺地域へと波及していくと考えられる。

本研究では，都市圏を対象として，通勤交通のみならず業務交通，買物交通を含むより一般的な交通改善を扱い，すでに扱ったような通勤世帯に生じた改善便益の土地への帰着のみならず，企業に生じた便益の土地への帰着に関するモデル化するとともに，多種活動間の立地連関に伴う波及の過程で，便益の発生総量がどのように変化していくかを計測できる分析手法を提案する。

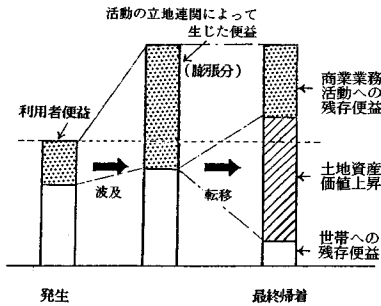
2. 本研究における交通改善便益のとらえ方

交通利用者への交通時間，費用の節減といった直接的な便益の発生後，交通改善便益の帰着状態は，波及，転移などの現象を介して時間とともに変化していく。ここでは，都市圏内部における便益の帰着状態の変化にかか

* 正会員 工博 名古屋大学助教授 工学部土木工学科
(〒464-01 名古屋市千種区不老町)

** 正会員 工博 名古屋大学助手 工学部土木工学科

*** 正会員 工修 三菱総合研究所



図一 波及、転移過程での交通改善便益の状態変化

わるこれらの現象を、次のように定義しておく。

波及：交通改善後、世帯（居住活動）、企業（商業業務活動）等の多種活動の立地連関を介した外部経済効果としての間接的な追加便益の発生

転移：直接的および間接的に発生した便益が、活動の立地の進行に伴って、土地資産価値の上昇へと形を変えていくこと。

図一に示すように、交通改善がなされた場合、直接的な利用者便益以外にも、沿線地域への商業業務活動の立地に伴う集積の経済などに起因した間接的な便益もたらされる。郊外鉄道のように、沿線における商業業務集積が小さい交通施設の整備においては、このような外部経済に起因した便益は微少であるが、都心部を通る鉄道等のように沿線での集積が大きい交通施設の整備においては、これらは無視できない。

一方、発生した便益は、一般には対象とする交通施設が完全な地方公共財ではないことから、すべてが沿線地域の土地資産価値へと転移するわけではない。すなわち、実際には立地需要は、交通条件の改善に対して完全には弾力的ではないため、改善便益は交通利用者である世帯、企業へも残存することになる。

3. 既存の関連分析

(1) 交通改善便益の帰着分析モデル

交通改善便益の分析については、従来より多くの研究がなされているが、これらは、以上に述べた便益の波及および転移をどのように扱っているかによって、次のように分類されよう。すなわち、①資産価値法：帰着のメカニズムを考慮せず、ヘドニック手法により改善便益を土地資産価値変化によってとらえたもの、②部分均衡分析：土地市場を対象とした均衡分析により改善便益の土地への転移を表現している。③一般均衡分析：多種活動間での波及関連を考慮し、改善便益の帰着をとらえたもの、の3つである。

このうち、①の資産価値法には、肥田野・中村²⁾をはじめ多くの研究がみられる。これらは交通改善便益が長

期的にはすべて土地に帰着することを前提としたものであり、当該交通施設の利用者が沿線立地者に限定されるような地方公共財とみなせる場合には有効なものである¹⁰⁾。したがって、資産価値法は改善便益の土地への帰着の程度を特定するものではない。

②の部分均衡分析の立場から、土地への便益の転移を扱ったものとしては、Mohring⁴⁾、Wheaton⁵⁾、安藤⁶⁾、佐々木⁷⁾および林・土井¹¹⁾らの分析が挙げられる。このうち、前四者は、利用者の立地行動に伴う便益の転移を理論的にモデル化し、地域が完全に open の場合および完全に closed の場合についての土地への帰着の程度の違いを表現したものである。一方、林・土井¹¹⁾は、Mohring⁴⁾らの分析を多地域均衡分析へと拡張し、完全に open でも closed でもない実際の都市圏において、交通改善便益の土地資産価値への転移の程度および利用者への残存の程度を、それぞれの主体の受益額として計測するモデルの構築を行っている。

③の一般均衡分析の立場から、森杉・大野⁸⁾ら、Kanemoto・Mera⁹⁾らは多地域を対象とした一般均衡モデルを構築し、世帯、企業、土地所有者および交通事業者等の多主体への帰着便益に対する一貫した評価を行っている。これらの分析においては、世帯の通勤時間の短縮→労働投入時間の増大→企業の収益の増大、といった便益の波及メカニズムが考慮されている。

以上にみてきた各手法は、便益の帰着をとらえるうえでそれぞれに特徴を有するものであるが、波及現象の扱いに関しては、いずれにおいても集積の経済等の立地連関を介した便益の膨張は考慮されていない。

(2) 多種活動の立地連関の分析モデル

一方、交通改善等のインパクトをとらえるにあたり、多種活動間での立地連関を明示的に考慮したものとして、宮本・中村・林¹²⁾、天野・阿部¹³⁾らの商業業務活動の立地に関するモデルがある。これらは、各活動主体の立地を関連業種の活動とのアクセシビリティ、および関連業種の集積によって表現することによって立地連関をとらえ、前者は非線形回帰モデル、後者は線形回帰モデルに基づいてインパクトの波及を表現している。しかしながら、これらは各業種の立地量相互の関係を表現することを目的としたものであり、地価および活動の収益の概念が組み込まれていないことから、これらの方法をそのまま用いて交通改善便益の波及を分析することは困難である。

4. 便益の波及のモデル化

本章では、交通施設利用者である世帯、企業の立地行動を考え、これに基づき、活動間の立地連関に伴う外部経済効果の発生をモデル化する。

(1) モデル化の基本的考え方

本研究は、都市圏を対象として、以下のような考え方に基づいてモデル化を行う。

- ① 複数の従業ゾーン、居住ゾーンから形成される都市圏を考える。
- ② 主体としては世帯、土地所有者、企業（商業業務活動主体）を考える。
- ③ 都市圏内に居住する世帯はいずれかの従業ゾーンへの通勤世帯である。ここで、世帯の属性はその従業先によって、また、企業の属性は業種によってのみ区別される。
- ④ 世帯、企業はそれぞれの立地期間中、地代を負担する。世帯、企業が土地を所有している場合には、それを帰属地代としてとらえる。ただし、ここでは、一定期間の地代負担の代わりに、地代が資本還元されたものとしての地価の負担を考える。
- ⑤ 都市圏における業種別従業者数、土地供給量は外生的に与えられる。

(2) 各活動主体の立地選択行動の定式化

活動主体間の依存関係を考慮した場合、世帯および企業の立地選択行動は以下のように定式化される。

a) 世帯の立地選択行動

世帯は立地選択を行うにあたり、立地場所における通勤、土地の消費、商業業務サービスの消費等と関連した居住効用の最大化を図ると考えられる。この際、立地選択における世帯の効用関数を立地余剰関数の形で表現し、立地場所の土地使用価値から立地費用である地価額を差し引いたものとして定義するならば、世帯の立地選択は次式のように表わすことができる。

$$\max_i [X_{ji} = W_{ji} - l_{ji}P_i] \dots\dots\dots (1)$$

ここで、 X_{ji} ：従業ゾーン j への通勤世帯が居住ゾーン i の土地（面積 l_{ji} ）への立地により得られる立地余剰

W_{ji} ：従業ゾーン j への通勤世帯にとっての居住ゾーン i の土地（面積 l_{ji} ）の使用価値

P_i ：居住ゾーン i の住宅地地価

l_{ji} ：従業ゾーン j への通勤世帯が居住ゾーン i に立地する際に需要する土地面積

こうした立地余剰関数は、中村・林・宮本³⁾で提案された立地余剰を土地面積について一般化したものであって、間接効用関数の一形態であることが示され、効用関数としての一般性を失うものではない。また、以上においては、従業地ごとに世帯の所得等が異なる場合もあり得るので、各居住ゾーン i での土地需要面積を従業ゾーン j によって区別している。

また、上式において、土地使用価値は従業ゾーンへの

通勤条件 t_{ji} 、周辺商業地へのアクセシビリティ C_i 、居住ゾーンでの基盤整備水準等の土地条件 Z_i および住宅敷地面積 l_{ji} によって、式（2）のように表わされる。

$$W_{ji} = W(t_{ji}, C_i, Z_i, l_{ji}) \dots\dots\dots (2)$$

ただし、上式において用いられている商業地へのアクセシビリティ指標 C_i は、周辺地域での商業業務活動の集積量をも考慮したものである。

b) 商業業務活動の立地選択行動

商業業務活動は立地選択を行うにあたり、関連業種の活動との取引を通じて得られる売上げから、財・サービスの生産・供給に必要な費用を差し引いた利潤が最大になるような立地場所を選択すると考えられる。ここでいう関連業種とは、当該業種が供給する財・サービスを必要とする業種であるが、居住活動も小売、サービス業等の活動が供給する財・サービスを必要とする活動であることから、形式上、これらの関連業種の1つとして扱う。

まず、各業種の活動がそれぞれの立地場所において得られる売上げは、関連業種との取引量を用いて次式のように表わすことができる。

$$U_i^k = \sum_n \sum_j V^{nk} S_{ji}^{nk} \dots\dots\dots (3)$$

ここで、 U_i^k ：業種 k の活動がゾーン i に立地した場合に得られる売上げ

S_{ji}^{nk} ：ゾーン i の業種 m の活動のうち、ゾーン i の業種 k の財・サービスを必要とする活動単位数（従業者数単位）

V^{nk} ：業種 m との単位取引によって得られる業種 k の活動の売上げ

上式において、 S_{ji}^{nk} は異業種の活動間での空間的な依存関係を表わすものであるが、この依存関係については、各業種の活動が他の業種との取引を行う際、取引先ゾーン選択あるいは買物先ゾーン選択を考慮することによって、式（4）のように表わすことが可能である¹²⁾。

$$S_{ji}^{nk} = E_i^m Q_{ji}^{mk} \dots\dots\dots (4)$$

ここで、 E_i^m ：ゾーン i における業種 m の活動の立地量（従業者数単位）あるいは世帯の立地量

Q_{ji}^{mk} ：ゾーン i の業種 m の活動あるいは世帯が、業種 k の活動の財・サービスを必要する際にゾーン i を選択する比率

このとき、各活動の取引・買物先ゾーンの選択は、主に自己の立地場所 i からの取引・買物先ゾーン i へのアクセシビリティ、取引・買物先ゾーン i での取引先業種の活動集積、基盤整備水準に依存すると考え、取引・買物先ゾーンの選択確率を、次式のように表現する。

$$Q_{ji}^{mk} = Q^{mk}(t_{ji}, Z_i, E_i^m) = \frac{E_i^{ka_2^{mk}} \exp(a_1^{mk} t_{ji} + a_2^{mk} Z_i)}{\sum_i E_i^{ka_2^{mk}} \exp(a_1^{mk} t_{ji} + a_2^{mk} Z_i)} \dots\dots\dots (5)$$

ここで、 t_{ji} ：ゾーン j から取引・買物先ゾーン i への
アクセシビリティ（ここでは、所要時間）

E_i^k ：取引・買物先ゾーン i における業種 k の
活動集積量（ここでは、従業者数単位での
立地量）

Z_i ：取引・買物先ゾーン i での基盤整備水準

a_e^{mk} , a_t^{mk} , a_z^{mk} ：業種ペアごとのパラメーター

上式は、各活動主体が取引・買物先ゾーン選択によって
得られる効用のばらつきを考慮した場合に、IIGD の仮
定から得られるモデルである。

一方、商業業務活動がそれぞれの立地場所で負担する
主な費用としては、財・サービスの生産・供給費用とし
ての交通費用、従業者への支払賃金、また立地費用とし
ての地価負担が挙げられる。このうち、財・サービスの
供給費用は売上げにほぼ比例すると考えられる。

以上から、業種 k の活動が立地ゾーン i において得
られる利潤 Π_i^k は、次式のように表わすことができる。

$$\begin{aligned} \Pi_i^k &= x^k \cdot U_i^k - l_i^k P_i^c \\ &= W_i^k - l_i^k P_i^c \dots \dots \dots (6) \end{aligned}$$

ここで、 W_i^k ：業種 k の活動にとってのゾーン i の土地
使用価値

x^k ：業種ごとの係数パラメーター

P_i^c ：ゾーン i の商業地地価水準

l_i^k ：業種 k の活動がゾーン i に立地する際に
需要する土地面積

上式において、各活動主体の土地使用価値 W_i^k は、式
(3), (4), (5) に示したように、当該ゾーン i と周
辺ゾーン j との間の交通条件 t_{ji} 、当該ゾーンでの基盤
整備水準等の土地条件 Z_i 、当該業種の活動集積量 E_i^k
および周辺ゾーンにおける関連業種の活動集積量 E_j^m を
説明要因として以下のように表わされる。

$$\begin{aligned} W_i^k &= W^k(t_{ji}, Z_i, E_i^k, E_j^m, x^k; i \in I, m \in M_k) \\ &\dots \dots \dots (7) \end{aligned}$$

ここで、 I ：都市圏内のゾーン集合

M_k ：業種 k にとっての関連業種の集合

また、以上のように定義される土地使用価値を用い、
式(6)に示すように各活動主体の利潤 Π_i^k が立地余剰
関数の形で表現されることから、商業業務活動の立地選
択についても世帯の場合と同様に、次式のような立地余
剰最大化行動として表わすことができる。

$$\max_i [\Pi_i^k = W_i^k - l_i^k P_i^c] \dots \dots \dots (8)$$

なお、活動主体間の立地連関の表現に直接かわる式
(4), 式(5)を合わせて立地連関モデルとよぶ。

(3) モデルに基づく便益の波及の解釈

以上により、世帯と商業業務活動の立地選択行動がそ
れぞれモデル化された。これらの活動間の立地連関を介
した発生便益の膨張は、たとえば居住活動と小売業との

関係をみた場合、次のように説明される。

いま、都心から都市郊外部への放射方向の交通施設整
備を考えた場合、直接的には、沿線地域の立地世帯に対
し通勤条件の改善、および沿線商業地あるいは都心の商
業地へのアクセシビリティの向上(式(2)における
 t_{ji} および C_i の改善)がもたらされる。一方、小売活動
にとっては、こうした買物交通の改善によって顧客が増
し(式(5)における t_{ji} の改善により式(4)の S_{ji}^m
が増大)、売上の増大すなわち土地使用価値の増大(式
(7)の W_i^k の増大)がもたらされる。

長期的にみた場合、沿線地域 i におけるこうした土地
使用価値の増大に伴う商業業務活動の立地余剰の増大
は、新たな小売活動 k の参入を呼び、その結果、この
地域に集積の利益(式(7)中の E_i^k の増大による W_i^k
の増大)がもたらされることになる。また、さらに、こ
うした商業集積の高まりは顧客である世帯の立地余剰増
(式(2)中の C_i の増大による W_{ji} の増大、および式
(1)の X_{ji} の増大)を生み、周辺地域への世帯の立地
(式(4)中の E_j^m)を増大させる。

以上のように、波及便益の発生は、立地連関を介した
各活動の土地使用価値の変化 ΔW_i^k , ΔW_{ji} として表現さ
れる。この変化は、短期的には相互依存関係にある活動
間のアクセシビリティの向上により生じるものであり、
より長期的には、立地連関を介した集積の経済によっ
てもたらされるものである。

5. 便益転移のモデル化

(1) 交通改善便益の帰着状態と立地均衡状態

波及便益を含めた交通改善便益の多くは、土地資産価
値へと転移していくが、これは立地を介して実現してい
くものであることから、最終的な帰着状態に至るまでに
一般に長期間を要する。開発利益還元に関する議論にお
いては、いつ、どれほどの便益がどの主体に帰着してい
るかといった時間的なとらえ方が必要とされるが、先に
述べた Mohring⁴⁾ に始まる従来の帰着計測モデルの多く
は、最終的な帰着状態が瞬時に実現されることを仮定し
た静的なものであり、こうした要件を満足しない。

便益の帰着を時間的にとらえるためには、交通改善便
益が時点ごとに、主体間・地域間でどのようなバランス
の状態にあるかが表現されなければならない。本研究で
は、こうした過渡的なバランス状態という意味での短期
均衡の形成をとらえ、それに伴う世帯および商業業務活
動の立地余剰上昇の土地資産価値上昇への変化として転
移を表現するものである。

(2) 立地均衡の表現

活動の立地に関する均衡は、基本的には、各活動の立
地選択と各土地における立地競合という、互いに表裏の

関係にある2つの行動の同時決定として定式化される。以下では、まず、商業業務活動についての立地均衡のモデル化を示す。

立地均衡の形成をモデル化するためには、まず、4.で行った立地選択とともに、活動間での立地競合を定式化することが必要となる。本研究ではこれを表現するために、活動間での各土地への付け値地価の最大化、といった概念を導入する。ここでいう付け値とは、各活動が一定の立地余剰水準を維持するうえで、土地に対する最大支払意思額である。また、このとき、各活動主体の行動のばらつきを考慮し、以下のような立地余剰および付け値地価の確率変動を考慮する。

$$\tilde{\pi}_i^k = \pi_i^k + \varepsilon_i^k \dots\dots\dots(9)$$

$$\tilde{b}_i^k = b_i^k + \eta_i^k \dots\dots\dots(10)$$

ここで、 π_i^k ：業種 k の活動が、ゾーン i への立地によって得られる立地余剰（従業者1人当たり）の確定項（ $\pi_i^k = \Pi_i^k / e^k$ 、 e^k ：業種 k の活動の平均雇用規模）

b_i^k ：業種 k の活動のゾーン i の土地に対する付け値地価の確定項

ε_i^k 、 η_i^k ：立地余剰および付け値地価の確率変動項（おのおの、分散パラメーター β_k および β^b をもつ独立な Gumbel 分布に従うと仮定）

このようにして立地選択および立地競合をそれぞれ確率論的に扱った場合、商業業務活動立地に関する均衡状態は、以下の2つの条件を満たすものとして定義される。

(A) 各活動 k は、都市圏において期待最大立地余剰 ω^k を達成できるような立地場所を選択している。

(B) 都市圏内の各ゾーン i においては、活動主体間の立地競合の結果、最大付け値地価の期待値 μ_i が実際の地価として実現されている。

このとき、各活動の期待最大立地余剰 ω^k および各ゾーンにおける期待最大付け値地価 μ_i は、ランダム効用理論およびランダム付け値理論において定義される合成変数として、以下のように表現される。

$$\begin{aligned} \omega^k &= E[\max_i \tilde{\pi}_i^k] \\ &= (1/\beta_k) \ln \sum_i \exp\{\beta_k \pi_i^k + \ln(L_i/l_i^k)\} \dots\dots\dots(11) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_i &= E[\max_k \tilde{b}_i^k] \\ &= (1/\beta^b) \ln \sum_k \exp\{\beta^b b_i^k + \ln(E^k/e^k)\} \dots\dots\dots(12) \end{aligned}$$

ここで、 L_i ：ゾーン i の土地供給面積（商業用途）
 E^k ：都市圏内の業種 k の総従業者数
 また、こうした合成変数 ω^k 、 μ_i は、それぞれ以下のような最大化問題の形で表現することもできる^{(14),(15)}。

$$\begin{aligned} \omega^k &= \max_{E_i^k} \left[\sum_i \pi_i^k (E_i^k/E^k) - 1/\beta_k \sum_i (E_i^k/E^k) \right. \\ &\quad \left. \cdot \ln \frac{E_i^k}{E^k L_i / l_i^k} \text{ s. t. } \sum_i E_i^k = E^k \right] \dots\dots\dots(13) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_i &= \max_{E_i^k} \left[\sum_k b_i^k \frac{l_i^k E_i^k}{L_i} - 1/\beta^b \sum_k \frac{l_i^k E_i^k}{L_i} \right. \\ &\quad \left. \cdot \ln \frac{E_i^k}{E^k L_i / l_i^k} \text{ s. t. } \sum_k \frac{l_i^k E_i^k}{e^k} = L_i \right] \dots\dots\dots(14) \end{aligned}$$

ここで、式(13)、(14)は、行動のばらつきを考慮した場合に、各活動 k の期待最大立地余剰 ω^k 、および居住ゾーン i での期待最大付け値地価 μ_i が、どのような行動の下で決定されるかを直接に表現するものである。

したがって、式(13)、(14)を E_i^k に関して解くことにより、立地均衡状態が形成されるために必要な、次の2つの条件式が導かれる。

$$\omega^{k*} = \frac{W_i^k - l_i^k P_i^c}{e^k} - 1/\beta_k \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i / l_i^k} \dots\dots\dots(15)$$

$$\mu_i^* = b_i^k - 1/\beta^b \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i / l_i^k} \dots\dots\dots(16)$$

(*は均衡での値を表わす)

式(15)は、地価 P_i^c が所与である場合に、各活動が期待最大立地余剰水準 (ω^{k*}) を達成するために、どのような立地選択 (E_i^{k*}) を行っているかを表わし、式(16)は、各ゾーンにおいて、どのような活動の参入状態 (E_i^{k*}) の下で、最大付け値地価 (μ_i^*) が形成されているかを表わしている。

さらに、 $\mu_i = P_i^c$ という価格形成条件を考えると、上式は次のように改められる。

$$W_i^k - (e^k/\beta_k) \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i / l_i^k} = l_i^k \mu_i^* + e^k \omega^{k*} \dots\dots\dots(17)$$

$$\begin{aligned} b_i^k &= \frac{W_i^k}{l_i^k} - \frac{e^k}{l_i^k} \omega^{k*} + \left(1/\beta^b - 1/\beta_k \frac{e^k}{l_i^k} \right) \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i / l_i^k} \\ &\dots\dots\dots(18) \end{aligned}$$

ここで、式(17)は、交通条件等に依存した土地使用価値 W_i^k に基づき、均衡状態において、各ゾーンの地価水準 μ_i^* およびそこに立地する活動の立地余剰水準 ω^{k*} がどのように形成されるかを表わしている。また、式(18)は、立地余剰概念を導入することにより、付け値地価関数が各土地の使用価値 W_i^k および各活動が維持する立地余剰水準 ω^{k*} に関する線形関数として特定化できることを示している。

一方、世帯の立地に関する均衡条件は、世帯の土地需要面積を居住ゾーン i ごとに一定とした場合については、林・土井⁽¹¹⁾によって定式化されている。これをさらに、立地主体の属性（従業ゾーン j によって区別）ごとにも土地需要面積が異なる場合に拡張すると、商業業

務活動の場合と同様に以下のように改められる。

$$W_{ji} - 1/\beta_j \ln \frac{T_{ji}^*}{E_j H_i / l_{ji}} = l_{ji} \nu_i^* + \omega_j^* \dots (19)$$

- ここで、 ν_i^* : 居住ゾーン i における均衡住宅地地価水準
- ω_j^* : 従業ゾーン j への通勤世帯の均衡立地余剰水準 (土地面積 l_{ji} 当たり)
- T_{ji}^* : 従業ゾーン j への通勤世帯の居住ゾーン i への均衡立地量
- H_i : 居住ゾーン i での住宅地供給量
- E_j : 従業ゾーン j における従業者数
- β_j : 世帯の立地余剰の確率変動に関する分散パラメーター

以上のように、本研究においては立地余剰概念を導入することにより、既存の分析においては解析的に導くことが困難であった立地均衡を簡明に表現している。

(3) 均衡の移行と便益の転移—便益の帰着配分則—
交通改善後の便益の転移現象は、均衡式 (17), (19) を用いて理論的にとらえることができる。

図一は、交通改善によって発生した便益が、どのように転移していくかを示したものである。便益は、世帯および企業に対して、交通時間・費用の節減のみならず、種々の居住効用および立地優位性の増大という形でも発生する。こうした発生便益は、4. で示したような波及による追加便益も含めて、沿線の世帯、企業にもたらされる土地使用価値の変化として定義される。一方、改善地域においては、こうした土地使用価値の上昇に伴う立地余剰の増大によって、各活動の立地が進むとともに、各活動間での競合によって地価上昇がもたらされ、交通改善便益は土地資産価値へと転移していく。また、これに伴う地価負担の増大によって、世帯および企業に残存する立地余剰は減少していく。

このときの交通改善便益の土地への転移の程度、あるいは世帯、企業への残存の程度は、均衡式 (17), (19)

中の均衡地価水準および均衡立地余剰水準の変化をみることによって、以下のように求めることができる。

① 世帯 (従業ゾーン $j=1, \dots, J$) について

$$\Delta W_{ji} + \Delta \left\{ -1/\beta_j \ln \frac{T_{ji}^*}{E_j H_i / l_{ji}} \right\} = \Delta (l_{ji} \cdot \nu_i^*) + \Delta \omega_j^* \dots (20)$$

② 商業業務活動 (業種 $k=1, \dots, K$) について

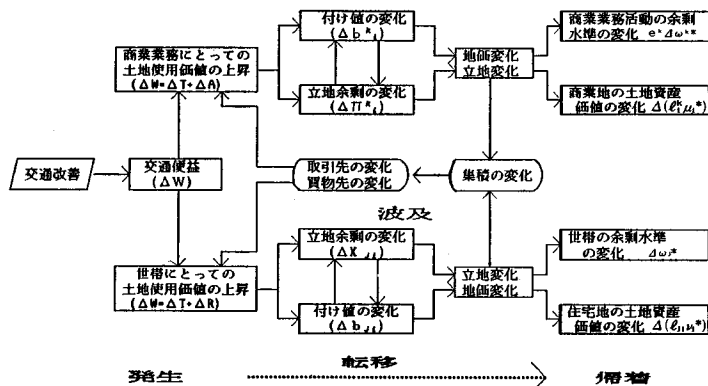
$$\Delta W_i^k + e^k \Delta \left\{ -1/\beta_k \ln \frac{E_i^{k*}}{E^k L_i / l_i^k} \right\} = \Delta (l_i^k \cdot \mu_i^*) + e^k \Delta \omega^{k*} \dots (21)$$

上式は、任意の時点間での世帯および企業の立地に関する均衡状態の変化をみたものであるが、これは、交通改善に伴う発生便益 (ΔW_{ji} および ΔW_i^k) が、均衡状態に至るまでにどの程度土地資産価値 ($\Delta (l_{ji} \cdot \nu_i^*)$ および $\Delta (l_i^k \cdot \mu_i^*)$) へと転移し、どの程度立地余剰水準の上昇 ($\Delta \omega_j^*$ および $e^k \Delta \omega^{k*}$) として世帯および企業に残存するかといった、いわば便益の帰着配分則を示している。

また、既存の計測手法と対比させてみると、資産価値法による計測は、式 (21) における右辺の第2項を無視し、第1項のみによって便益の帰着をとらえたものであることから、本研究における便益の帰着計測の1つの特殊なケースとして含まれることがわかる。

こうした関係を概念的に表現したのが図一(a) および図一(b) である。表中の各セルの円の面積は個々の世帯、商業業務活動への便益発生額 ΔW_{ji} および ΔW_i^k を示し、表の周辺の円の面積はそれぞれ各ゾーン i での土地資産価値変化と各従業ゾーン j への通勤世帯の立地余剰水準の変化 (図一(a)) および各業種 k の活動の立地余剰水準の変化 (図一(b)) を示している。

以上のようにして、任意の時点間での均衡状態の比較 (式 (20), (21)) によって、過渡的な便益帰着状態をとらえることができる。また、このときの便益の土地資産価値への転移の速度は、改善地域における立地需要の



図一 立地を介した波及、転移のメカニズム

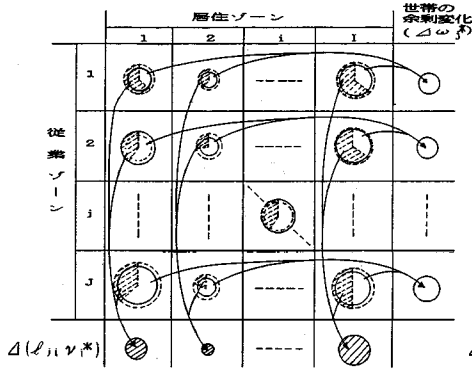


図-3(a) 発生便益の住宅地地価への転移と世帯への残存

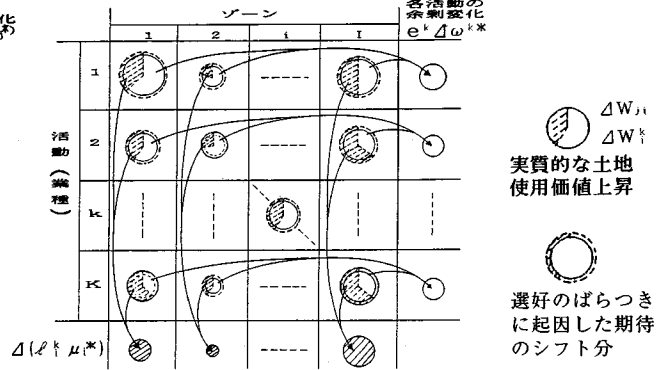


図-3(b) 発生便益の商業地地価への転移と商業業務活動への残存

みならず土地供給の速度にも依存している。

ここで、式 (20), (21) をすべての世帯および活動と土地とについて集計することによって、地域全体での改善便益の発生総額と土地所有者、世帯および企業への帰着総額との関係が得られる。

(4) 還元方策が開発利益の配分に及ぼす影響

各種の還元方策の効果をみるうえで、以上で導かれた便益帰着配分則を応用することができる。

開発利益の還元方策は、大きく分けて、利用者負担を根拠とした運賃の増徴、土地・不動産の資産価値増加を根拠とした固定資産税の増徴などの方策、および土地・不動産の収益増加を根拠とした事業所税の増徴、事業所便益税などの方策に分類される¹⁾。

これらの方策は、それぞれ世帯、企業にとって地代負担と関連した立地費用の増大、あるいは交通条件等に依存した土地使用価値の減少をもたらすことになる。このとき、式 (20), (21) に示された便益帰着配分則から、還元方策の実施に伴う土地使用価値の減少は、そのまま発生便益量の減少として反映されることになる。一方、立地負担の増大は、世帯、企業の立地決定への影響を介して便益帰着の均衡状態、換言すれば開発利益の配分状態に影響を及ぼすことになる。

以上のような分析は、世帯、企業の立地選好を表現するうえで導入した立地余剰概念において、具体的に、税負担、運賃負担といった要因を考慮することによって可能となる。

6. 便益帰着の予測モデル

図-4 に示すように、便益発生総量の把握→主体別・地域別帰着量の特定、という手順で便益の帰着状態およびその変化をとらえていくためには、さらに交通改善後の均衡の移行を予測できるモデルが必要となる。

前述したように、立地均衡は各活動の立地余剰最大化

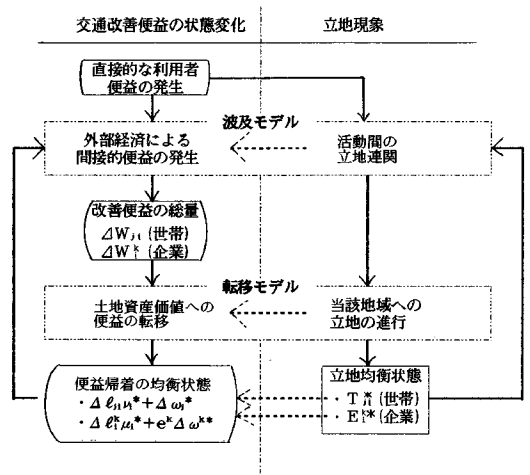


図-4 便益帰着予測モデルの全体フロー

と各土地における付け値地価最大化の同時決定によって形成されるものであることから、おのおのの均衡状態は、活動主体からみた場合には総立地余剰最大化を意味し、かつ土地の側からは総付け値地価の最大化を意味する次のモデルによって予測することができる。

① 世帯 (従業ゾーン $j=1, \dots, J$) について

$$\begin{aligned} \max_{T_{ji}} & \left[\sum_i \sum_j W_{ji} T_{ji} - \sum_i \sum_j 1/\beta T_{ji} \left(\ln \frac{T_{ji}}{E_j H_i / l_{ji}} - 1 \right) \right] \\ \text{s. t. } & \sum_i T_{ji} = E_j, \sum_j l_{ji} T_{ji} \leq H_i \end{aligned} \dots\dots\dots (22)$$

② 商業業務活動 (業種 $k=1, \dots, K$) について

$$\begin{aligned} \max_{E_i^k} & \left[\sum_k \sum_i \frac{W_i^k}{e^k} E_i^k - \sum_k \sum_i 1/\beta_k E_i^k \left(\ln \frac{E_i^k}{E^k L_i / l_i^k} - 1 \right) \right] \\ \text{s. t. } & \sum_i E_i^k = E^k, \sum_k \frac{l_i^k}{e^k} E_i^k \leq L_i \end{aligned} \dots\dots\dots (23)$$

これらのモデルは、均衡条件式 (19), (17) をそれぞれ最適化条件として有するものであり、交通条件および

社会経済フレームとしての業種別従業者数 E^k 、総世帯数 E_j 、および住宅地、商業地の供給面積 H_i 、 L_i が与えられた場合、任意の均衡状態における住宅立地量 T_{ij}^* および雇用立地量 E_{ij}^{k*} を与えるものである。

一方、これら双対問題を考えることによって、以下の均衡地価、均衡立地地剰水準の予測モデルが導かれる。

① 世帯（従業ゾーン $j=1, \dots, J$ ）について

$$\min_{\omega_j} \left[\sum_i \sum_j 1/\beta \frac{E_j H_i}{l_{ji}} \exp \{ \beta (W_{ji} - l_{ji} \cdot \nu_i - \omega_j) \} + \sum_i H_i \nu_i + \sum_j E_j \omega_j \quad \text{s.t. } \nu_i \geq 0 \right] \dots \dots \dots (24)$$

② 商業業務活動（業種 $k=1, \dots, K$ ）について

$$\min_{\omega^k} \left[\sum_i \sum_k 1/\beta_k \frac{E^k L_i}{l_i^k} \exp \left\{ \beta_k \left(\frac{W_i^k}{e^k} - \frac{l_i^k}{e^k} \mu_i - \omega^k \right) \right\} + \sum_i L_i \mu_i + \sum_k E^k \omega^k \quad \text{s.t. } \mu_i \geq 0 \right] \dots \dots \dots (25)$$

以上のようにして得られた式(22), (23)および式(24), (25)を用いて、便益の主体別・地域別帰着予測が与えられる。

7. モデルの推定と事後テスト

(1) 立地連関モデルの推定

立地連関モデルは、式(5)で示される取引・買物先ゾーンの選択モデルの推定を介して得られる。本研究ではこの選択モデルの推定を、昭和56年度中京都市群パーソントリップ調査における業務・買物目的トリップの目的地選択結果のデータに基づいて行っている。ここでは、図-5に示す名古屋都市圏を対象とし、小売業、卸売業、金融・不動産業、運輸・交通、供給処理、サービス、公務、建設業、製造業の9業種に分類される商業業務活動、および居住活動に関しモデル推定を行う。ただし、サンプル数の不足から業種ペア (m, k) での推定は困難であることから、取引先業種 (k) 別の推定を行っている。表-1はその結果を示したものである。このとき、表中の各パラメーター値は、式(5)の α に相当するものである。

表-1 取引・買物先ゾーン選択モデルの推定結果

業種	パラメータ (t値)			サンプル数	的中率	尤度比
	所要時間 (分)	集積度 (万人/km)	最高駅距離 (km)			
小売	-0.0861 (-87.6)	0.706 (15.8)	0.927 (10.3)	47788	67.5%	0.679
卸売	-0.0587 (-68.1)	0.534 (30.0)	0.703 (6.9)	3192	37.2%	0.427
金融・不動産	-0.0600 (-142.2)	0.517 (58.4)	0.811 (15.2)	13905	40.6%	0.438
運輸	-0.0601 (-73.5)	0.401 (15.6)	0.487 (5.7)	3122	43.1%	0.445
供給処理	-0.0664 (-32.8)	0.279 (4.3)	0.159 (2.1)	584	49.5%	0.532
サービス	-0.0777 (-103.3)	0.699 (23.5)	0.826 (11.2)	6375	60.2%	0.616
公務	-0.0680 (-91.7)	0.569 (25.8)	0.331 (7.2)	5058	51.9%	0.569
建設	-0.0525 (-75.5)	0.284 (8.2)	0.164 (3.2)	11031	35.2%	0.350

本研究では、各業種ごとに12の取引・買物先ゾーンを設けており、全くランダムに選んだ場合的中率は1/12である。このことを考えると、的中率が35.2%~67.5%と推定精度は比較的良好であり、また、各パラメーターの t 値が高いことより、モデルの現況再現性はかなり高いと思われる。

(2) 便益帰着予測モデルの推定

世帯に関しては、すでにその推定を示しているため(林・土井¹¹⁾)、ここでは商業業務活動についてモデルの推定法を示す。式(23), (25)を用いて便益帰着の予測を行うためには、土地使用価値関数(式(7))の係数パラメーター x^k および立地地剰の分散パラメーター β_k をあらかじめ推定しておく必要がある。このとき、係数パラメーター x^k については均衡予測式(25)を解いて得られる均衡地価モデル(式(12))を用い、分散パラメーター β_k については、均衡予測式(23)を解いて得られる以下の均衡立地モデルを用いて推定できる。

本研究では、両モデルが互いに関連しあっていることに帰因して、パラメーター x^k , β_k を個別には推定できないことから、均衡地価モデル、均衡立地モデルの双方において、パラメーター値が収束するまで繰り返し計算を行っている。

商業業務活動に関して得られたパラメーター値は表-2に示すとおりである。推定に用いたデータは、昭和55年度公示地価(商業地)、事業所統計および国勢調査から得られる業種別従業者数データ、および立地連関モデルから式(3)の形で求められる業種別売上げ高である。推定結果をみると、各パラメーターの t 値はおおむね高く、また、実績値との相関係数でみた場合、立地量に関して0.95、地価に関して0.86であることから、良好

表-2 商業業務活動の土地使用価値関数、分散パラメーターの推定結果

業種	係数パラメータ x^k	分散パラメータ β_k	相関係数
小売	0.338 (6.1)	0.015 (8.3)	0.95
卸売	0.434 (29.0)	0.010 (4.5)	0.97
金融・不動産	0.452 (28.2)	0.008 (3.1)	0.98
運輸・交通	0.141 (13.8)	0.035 (5.3)	0.98
供給・処理	0.142 (14.1)	0.039 (5.7)	0.95
サービス	0.326 (11.9)	0.008 (2.3)	0.95
公務	0.173 (11.3)	0.018 (1.9)	0.93
建設	0.182 (7.0)	0.015 (2.0)	0.90

(t値)

表-3 世帯の土地使用価値関数、分散パラメーターの推定結果

説明変数	パラメータ (t値)
土 従業地までの所要時間 (hr)	-0.933 (-63.9)
地 買物先へのアクセシビリティ	-0.027 (-6.2)
使 最寄駅距離 (10km)	-0.989 (-11.5)
用 ガス ダミー (有)	0.866 (23.2)
価 下水道 ダミー (有)	1.76 (17.2)
値 市街化調整区域指定 (指定有)	-1.33 (-24.7)
関 近隣商業指定 (指定有)	3.08 (17.9)
数 土地区画整理 ダミー (有)	0.220 (12.5)
付け値の分散パラメータ β^0	0.102 (49.7)
立地地剰の分散パラメータ β	0.331 (65.2)

(単位: 万円)

な結果が得られているといえる。

世帯に関して得られているパラメーター値は表-3に示すとおりであり、推定精度は相関係数でみた場合、立地量に関して0.98、地価については0.88とかなり高いものであった。

(3) 事後テスト

本研究においては、以上で得られた便益帰着予測モデルの事後テストを行うため、昭和50年における名古屋都市圏の各ゾーンにおける立地量および地価を基準として昭和55年の予測を試み、55年の実績値との比較を行った。その結果、ゾーン別の世帯の立地量については相関係数で0.94、商業業務活動については0.92と良好な結果を得た。また、地価に関しても、住宅地について0.81、商業地について0.78と比較的良好な結果を得た。

8. ケーススタディー

(1) ケースの設定

名古屋都市圏の郊外部において、昭和55年の鉄道網に加え、図-5に示す4~10ゾーンを結ぶ延長約15kmの新たな鉄道が整備された場合を想定し、立地連関を介して便益がどのように波及、転移していくかを試算した。ここでは、次の2つのケースを想定している。

(ケース1) この新線が、4ゾーンにおいて既存路線と接続されず、郊外部で比較的孤立した路線として整備される場合

(ケース2) 4ゾーンにおいて、既存の鉄道を通じて郊外部から都心へ相互直通運行するような整備がなされる場合

なお、ケース2では、ケース1で乗継に要した10分程度の時間が節減されることを想定している。

表-4は、両ケースにおける交通改善便益の帰着に関

する主体別試算結果を示し、図-6, 7は、便益帰着の地域分布を示したものである。

(2) 発生便益、波及便益の大きさの比較

まず、両ケースでの発生便益量を比較した場合、表-4より、大きな時間短縮がもたらされるケース2においては、ケース1に比べて20%程度大きく試算されている。また、両ケースとも、時間の経過とともに帰着便益の総量が増大しており、沿線への商業業務活動の立地を介した便益の膨張が表現されているが、既存路線との相互直通によって都心へのアクセシビリティが大きく改善されるケース2において、沿線地域および都心部での商業業務集積の増大がもたらされ、ケース1よりも50%程度大きな追加便益がもたらされている。

(3) 沿線土地資産価値への転移の比較

一方、交通改善便益の土地への帰着の程度を、両ケースで比較した場合、比較的公共財的な性格の強いケース1においては、便益の73%(第Ⅲ期)にあたる多くの部分が、沿線の土地資産価値上昇へと帰着していることがわかる。また、ケース2においては、土地への便益帰着割合は70%(第Ⅲ期)であり、都市圏全体でみた場合には、ケース1と大きな差はない。しかしながら、表には示されていないが、沿線地域の4, 10ゾーンに注目した場合には、帰着割合がそれぞれ46%および65%と、ケース1の55%および76%に比べて相対的に低く予測されている。これは、新線が孤立しており地方公共財的性格がより強いケース1と比べて、ケース2においては、非沿線地域へスピルオーバーしていく便益が多いことを示している。

(4) 都心企業への便益帰着の比較

ケース1においては、企業への便益の多くは、沿線地域での新線利用と密着した小売・サービス業等の活動へ

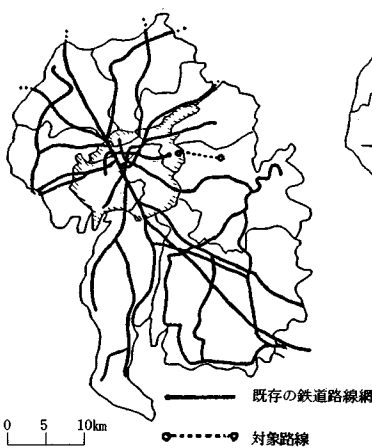


図-5 モデルの適用地域

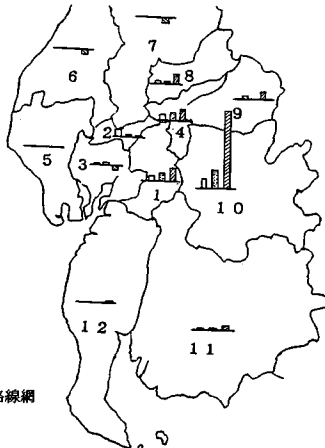


図-6 交通改善便益の主体別・地域別帰着分布(ケース1)

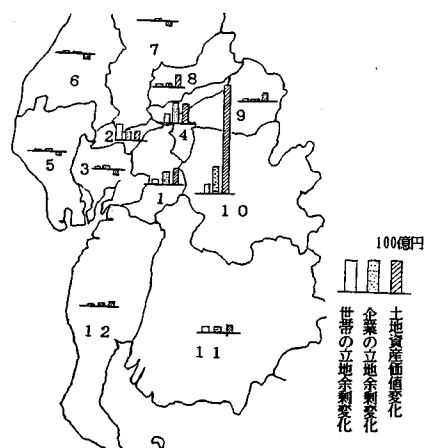


図-7 交通改善便益の主体別・地域別帰着分布(ケース2)

表一 交通改善便益の主体別帰着に関する試算結果（都市圏全域）

[単位：億円]

帰着主体		ケース 1 (既存路線との直接接続なし)						ケース 2 (既存路線と直接接続)					
		第Ⅰ期		第Ⅱ期		第Ⅲ期		第Ⅰ期		第Ⅱ期		第Ⅲ期	
		受益額	小計	受益額	小計	受益額	小計	受益額	小計	受益額	小計	受益額	小計
地主	住宅地	881	1301	940	1465	961	1515	909	1481	1002	1722	1036	1805
	商業地	420	(70%)	525	(73%)	554	(73%)	572	(67%)	720	(69%)	769	(70%)
企業	小売	65		87		96		93		106		112	
	卸売	19		22		24		33		43		50	
	金融・不動産	25		31		39		40		55		76	
	運輸・交通	17	246	19	283	20	312	18	337	26	402	28	450
	供給・処理	9	(13%)	8	(14%)	9	(15%)	14	(15%)	14	(18%)	17	(18%)
	サービス	96		92		99		113		118		122	
	公務	7		10		13		12		18		19	
	建設	8		11		12		14		22		26	
世帯	296	(17%)	262	(13%)	259	(12%)	400	(18%)	357	(15%)	331	(13%)	
合計	1843	(100%)	2007	(100%)	2085	(100%)	2118	(100%)	2481	(100%)	2586	(100%)	

() 中は総便益に占める割合

の帰着便益としてもたらされている。しかし、ケース2においては、これらの活動以外にも、新線利用とは直接関連のない都心の金融・不動産業、卸売業等にも比較的大きな便益(ケース1の3倍程度)がもたらされている。

以上の試算結果の比較から、本モデルにおいては、多種活動間の立地連関を介した波及をモデル化することにより、交通施設の性格の違いによる便益の発生～帰着メカニズムの違いが表現されていることがわかる。

9. おわりに

本研究の具体的成果は、以下のようにまとめられる。

(1) 従来、著者らが構築してきた便益の転移、帰着のモデルに波及連関のメカニズムを組み込むことにより、外部経済により発生便益が膨張する場合にも適用し得る開発利益の計測モデルを構築した。

(2) 本モデルは、従来のモデルでは困難とされてきた発生便益の総量をとらえ、また、これを地域別・主体別帰着便益に分離して計測することを可能とした。

(3) 便益の波及、転移現象を立地現象と動的に関連づけてとらえることにより、発生から最終帰着状態に至る任意の帰着段階で地域的・主体的に便益を計測することを可能とした。

謝辞：本研究に対して名古屋大学 河上教授、岐阜大学 森杉教授には、丁寧なご討議をいただいた。また、東京大学 中村教授、愛媛大学 柏谷教授、豊橋技術科学大学 廣島助教、熊本大学 安藤助教、横浜国立大学 宮本助教および査読者の方々をはじめ、多くの方々より種々の角度から貴重なコメントをいただいた。ここに記して深く謝意を表する次第である。しかし、残された誤謬等は著者らが負うべきものである。なお、本研究の一部は、土井が名古屋大学へ提出した学位論文の一部でもある。

参考文献

1) Hayashi, Y. : Issues in financing urban rail transit

projects and the value captures, Transportation Research, 23 A, No.1, 1989.

2) 肥田野登・中村英夫・荒津有紀・長沢一秀：資産価値に基づいた都市近郊鉄道の整備効果の計測，土木学会論文集，第365号/IV-4, 1986.

3) 中村英夫・林 良嗣・宮本和明：都市近郊地域の土地利用モデル，土木学会論文報告集，No. 309, 1981.

4) Herbert Mohring : Land values and the measurement of highway benefits, Journal of Political Economy 69, 1961.

5) Wheaton, C. : Residential decentralization, land rent, and the benefits of urban transportation investment, The American Economic Review, Vol.67, pp.138~143, 1977.

6) 安藤朝夫：交通施設整備と費用負担の社会的効率性：線形都市における解析例，土木計画学研究・論文集，No. 1, 1984.

7) 佐々木公明：都市交通体系の変化の評価について，地域学研究，第14巻，1984.

8) 森杉寿芳・大野栄治・大宮正治・杉浦博保：公共交通施設整備の帰着便益連関分析，土木計画学研究・講演集，No.11, 1988.

9) Kanemoto, Y. and Mera, K. : General equilibrium analysis of large transportation improvements, Regional Science & Urban Economics, Vol.15, No. 3, 1985.

10) 金本良嗣：地方公共財の理論，『公共経済学の展開』，第3章，pp.29~48，東洋経済新報社，1983.

11) 林 良嗣・土井健司：交通改善に伴う通勤者の便益の土地への帰着分析モデル，土木計画学研究・論文集，No. 6, 1988.

12) 宮本和明・中村英夫・林 良嗣：広域都市圏産業立地モデル，土木学会論文報告集，No. 339, 1983.

13) 天野光三・阿部宏史：広域都市圏を対象とした活動立地モデルに関する研究，土木計画学研究・論文集，No. 2, 1985.

14) 宮城俊彦・加藤 晃：ランダム効用理論を基礎とした交通統合モデル，土木計画学研究・論文集，No. 1, 1984

15) Fenchel, W. : Convex cones, sets and functions, Mimeo-graphed Lecture Notes, Princeton University Press, 1951.

(1988.9.26・受付)