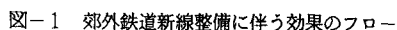


交通施設整備は、地域に対して多大な影響を及ぼすが、その効果をもれなく、しかも重複せずに計測することは、極めて困難であるとされてきた。これは、施設の効果が必然的にその地域への立地者を介して波及していくものであるためである。すなわち、交通施設整備に伴って発生する交通時間短縮等の直接効果は、住宅や産業の立地を通じて、土地価格の上昇といった間接効果へ転移してゆくものであるが、その過程を追ひ、それらを量的にとらえるための一貫した手法が確立されていないためである。

本研究の目的は、実際の都市圏における交通施設、特に郊外鉄道新線の整備に伴う効果を重複なくとらえるための理論的枠組とそれを表現するためのモデルを開発することにある。本研究では、まず、単一従業地に関するNUEモデルの考え方に基づいて、交通施設整備に伴う世帯の立地移動と、その結果としての均衡地代の空間分布を表現することとし、その場合、立地行動のばらつきをも考慮する。次に、この考え方とランダムつけ値モデル[Lerman and Kern (1983)]の考え方を組み合わせることにより多従業地の場合の立地移動と、その結果としての均衡地代の空間分布を表現する。そして、このような理論的な枠組が、従来より筆者らが開発してきた土地利用交通モデルCALUTAS[中村、林、宮本(1983)]の住宅立地モデルを改良したものに、今回、新たに開発した立地余剰に基づく住み替えモデルを付加することによって表現できることを示す。



2. 効果の体系とその分析方法の概要

都市圏における郊外鉄道新線の整備は、交通所要時間および費用の節約をもたらす。そのために、沿線地域においては住宅や商業活動等に対する立地優位性が生じることから立地需要が増大し、その結果として地価が上昇する。図-1は、この図式を示したものである。

ここで、効果を評価する際の視点としては以下に述べるようなものがある〔中村（1983）〕。まず、効果の波及段階によって、直接効果と間接効果に分けられる。主な直接効果としては交通所要時間および費用の節約のほかに、騒音、振動等の影響も含まれるが、郊外を対象としていることからここでは取り扱わない。間接効果としては、住宅、商業活動の立地およびその結果としての土地利用の変化、資産価値の変化があげられる。本研究では、交通時間および費用の節約という利用者（立地者）の直接効果が住宅の住み替え立地を介して土地所有者の資産価値の変化へと転移していく過程を、新都市経済学モデルとランダム付け値モデルの考え方をを用いてモデル化を図る。これについては3. で詳細に述べる。

間接効果のある部分は、このように、直接効果が他の主体に転移したものであるが、それ以外の波及効果も存在する。その一つは、平行する在来路線や他の手段（道路交通）の混雑緩和であり、交通モデル（機関分担モデル、ネットワークモデル）により計算される。いま一つは、規模の経済による外部効果である。この効果は、郊外鉄道新線の場合には、主として商業業務活動の立地および生産額の増加としてあらわれる。この効果については、住宅立地モデルより求められた人口をもとにして、商業立地モデルにより表現される。特に住宅立地モデルについては、4. で述べる。

もう一つの効果評価の視点は、その効果を受ける主体である。すなわち、利用者便益、土地所有者の便益、運営者の収支、国民経済的視点からの費用と便益、自治体の財政などがそれであり、これらは、上述の直接、間接効果の計測結果に基づいて分析される。

3. 効果の基本的なとらえ方

3-1 概説

交通施設整備に伴う効果は、2. で見たように広範囲に及ぶ。このうち本章では、交通所要時間および費用の節約という直接効果が、住宅の住み替え立地を介して地代あるいは地価の上昇という間接効果に移転していく過程をどのように捉えるか、また、それをどのように計測するかについて述べる。

単一従業地を有する都市については、新都市経済学モデルを応用することによって、交通施設整備等によって居住環境に改善あるいは悪化があった場合の、立地均衡とその時の均衡地代が説明される〔森杉（1981）、Feeman（1979）〕。これは、都市内のある地域（A）で交通サービスの改善があった場合、その他の地域（B）から世帯の移動が起こり、その結果として地域（A）の地代（地価）が上昇し、最終的には地域（A）に移転しても、地域（B）にとどまっても、全く同一の効用レベル（＝立地余剰レベル）になった状態で均衡するとするものである。ここで、新都市経済学で言う効用とは、そこに居住したときに受けることのできる粗効用（＝交通サービスに依存）から、居住のための費用を差し引いた概念であると考えられるが、これをわれわれは立地余剰と呼ぶことにする。

ところで、実際の都市（圏）には一般に多数の従業地が存在する。そのため、各居住地の均衡地代（地価）は、単一従業地への通勤世帯の立地余剰が均一になるという仮説からは決定できない。すなわち、各居住地における、多従業地通勤世帯間の競合下でどのように地代（地価）が決定されるかを論じなければならない。このような競合は、von Thunen流の最大付け値者が立地するという仮説により表現しているが、各従業地通勤世帯の住み替え立地と、各居住地における競合とを統一的に表現しようと考えられるが、均衡状態を求める一般モデルは開発されていないと言えよう。

本研究では、この競合下における均衡地代（地価）の決定機構を、ランダムな付け値の過程の所産としてとらえるランダム付け値モデルの考え方をを用いて表現し、一方では、各従業地別の通勤世帯の住み替え立

を新都市経済学モデルの考え方に基づいて表現して、両者を組み合わせることにより、現実の交通サービスの変化～立地余剰レベルの空間的不均一～住み替えのための付け値～住み替え立地～均衡地価決定、という過程をシミュレートする。

また、新都市経済学モデルは確定論的なモデルであるが、ここでは、モデルをより現実に近いものとするために世帯及び居住地域内部における立地余剰のパラツキをも考慮したものに拡張する。

3-2 単一従業地の場合の確定論的表現

(1) 便益帰着の過程

ある都市圏に、一本の郊外鉄道新線が整備される場合を想定する。そして、簡単のため、都市圏は新線の「沿線地域 (E)」とそれ以外の地域 (「非沿線地域 (H)」) の二つの地域から成るものとする。

まず、次のように記号を定義して、以下に議論を展開する。

U_H^B : 非沿線地域 (H), 新線開通前 (B) の立地余剰

U_E^B : 沿線地域 (E), 新線開通前 (B) の立地余剰

U_H^A : 非沿線地域 (H), 新線開通後 (A) の立地余剰

U_E^{*A} : 沿線地域 (E), 新線開通後 (A) の移転者 (m) の立地余剰

C : 非沿線地域から沿線地域への移転費用

沿線地域で新線が供用 (交通サービスの改善) されると、供用前には都市圏内のどの地域でも立地余剰が一定, $[U_H^B = U_E^B - (1)]$ となるように均衡していた立地分布に次のような変化が生じる。すなわち

$$U_H^A + C < U_E^{*A} \quad \text{----- (2)}$$

となるように、非沿線地域で移転費を上回る立地余剰の上昇がみられるときには、移転現象が発生する。その結果、(2) 式の等号が成立するように、H, E 両地域の地価が決定される。

いま、立地余剰関数が

$$U_i = V(Z_i, t_{ij}) - P_i \quad \text{----- (3)}$$

Z_i : 地域 (i) の土地条件, t_{ij} : 地域 (i) から従業地 (j) までの通勤時間 (または費用)

P_i : 地域 (i) の地価, $V(Z_i, t_{ij})$: 従業地 (j) へ通勤する世帯の地域 (i) に対する粗効用と表わせるとすると、(2) 式は次のようになる。

$$V_E^{*A} - P_E^A = V_H^A - P_H^A + C \quad \text{----- (4) したがって、}$$

$$P_E^A = P_H^A + (V_E^{*A} - V_H^A) - C \quad \text{----- (5)}$$

すなわち、沿線の地価は非沿線の地価に、立地余剰差を加えたものとなるのではなく、さらに移転費を減じたものとなる。(新都市経済学では、一般に移動費はゼロとしている)

沿線地域の既立地者の最終的な便益変化、すなわち、開通後の均衡状態での便益 (U_E^{*A}) と、前の均衡状態 (U_E^{*B}) での便益との差 (ΔU^{*AB}_E) は、

$$\Delta U^{*AB}_E = U_E^{*A} - U_E^{*B} = U_E^{*A} - U_H^B = (V_E^{*A} - P_E^A) - (V_H^B - P_H^B) \quad \text{----- (6)}$$

沿線地域は、各世帯の居住選択の範囲のうちのごく一部にすぎないと考えられるため、 $V_H^A = V_H^B$, $P_H^A = P_H^B$ が成立する。さらに (5) 式を用いると、(6) 式は次のようになる。

$$\Delta U^{*AB}_E = (V_E^{*A} - P_E^A) - (V_H^A - P_H^A) = C \quad \text{----- (7)}$$

(2) 利用者および地主への帰属便益

以上のことから、利用者と地主への帰属便益は次のようになる。

主体 A : 借家人, 沿線既立地者 ----- 移転費分の残存便益 (C) が発生

主体 B : 借家人, 非沿線立地者および非沿線から沿線への移転者 ----- 残存便益 = 0

主体 C : 持家, 沿線既立地者 ----- 残存便益 = C + 地価上昇額

主体 D : 持家, 非沿線立地者および非沿線から沿線への移転立地者 ----- 残存便益 = 0

移転費は、立地費用（＝地価＋移転費）の一部であると考えれば、立地余剰関数は次式のように書ける。

$$U_i = V(Z_i, t_{ij}) - (P_i + C) \quad \text{----- (8)}$$

ここで、沿線既立地者の得る立地余剰は、移転費＝0と考えればよい。

以上は、開通前後の均衡時点での比較である。すなわち、瞬時に移転が起こり、均衡が成立するものと考えた場合である。しかし、現実には開通後の立地均衡（地価の均衡）までには、有限の時間を有する。したがって、主体B、Dについても開通後、均衡に至るまでの間に移転したものについては、立地時点から均衡時点までの間では残存便益が生じる。

(3) 運営者への帰属便益

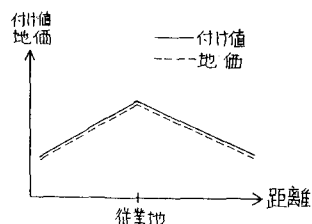
鉄道新線の開通に伴う非沿線地域から沿線地域への移転者世帯数をM、世帯当たりの通勤トリップ頻度をとすると、各地域の通勤OD交通量の変化は、

$$\Delta OD_E = \alpha M, \quad \Delta OD_H = -\alpha M \quad \text{となる。}$$

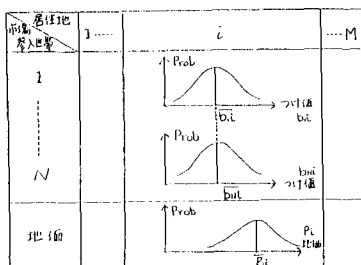
開通前、後の沿線地域から従業地への運賃を t_E^B 、 t_E^A 非沿線地域から従業地への運賃を $t_H^B = t_H^A = t_H$ とする。また、 D_E^B を、開通以前より沿線地域に居住し従業地へ通勤していた従業者数とし、その人々の運賃が開通により t_E^B より t_E^A に変化したとする。すると、運営者の増収は、次式により求められている。

$$\begin{aligned} & \Delta OD_E t_E^B - \Delta OD_H t_H - D_E^B (t_E^B - t_E^A) \\ &= \alpha M (t_E^B - t_H) - D_E^B (t_E^B - t_E^A) \quad \text{----- (9)} \end{aligned}$$

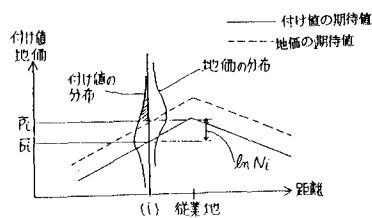
以上の議論は、単一従業地の場合、任意の居住地においてはどの世帯のつけるつけ値も同一であることから、つけ値と地価が一致していることを前提としている。（図－2参照）



図－2 単一従業地、確定論的な場合の付け値、地価分布



図－3 単一従業地の場合の地価の決まり方



図－4 単一従業地、付け値にバラツキのある場合の付け値、地価分布

3-3 単一従業地の場合の、つけ値のバラツキを考慮した表現

同一の従業地に通勤する世帯でも、各世帯の属性および居住地域内での土地条件の差異に帰因して、つけ値にバラツキが生じる。この場合における地価の値は、3-2で述べた考え方に、ランダムつけ値モデル [Lerman and Kern] の考え方を組み込むことにより表現することが可能であると考えられる。

いま、一つの従業地へ通勤する世帯がN世帯であり、それぞれのつけ値が図-3に示すように平均 $\bar{P}_i$ で分散パラメータ σ_i の互いに独立なワイブル分布に従うものとする、地価はそれらのつけ値の最大値の期待値 $\bar{P}_i$ であると考えられる。すると、図-2は図-4のようになる。すなわち、任意の地点iにおけるつけ値と地価は図-4のようになり、したがって、この都市圏のつけ値と地価の分布はそれぞれ図の実線と破線のようにになる。式による表示については、3-5に、より一般的な形で述べる。

3-4 多従業地の場合の、確定論的表現

いま簡単のため二従業地を考えると、各従業地別のつけ値が3-2で述べたようにして求められるが、一般に各居住地で従業地間の立地競争が起こる。この場合、Von Thunen 流の考え方によれば、二従業地のうち高いつけ値が地価として顕われるとされる。したがって、各従業地へ通勤する世帯のつけ値と地価の関係は図-5のようになる。

しかし、このような地価分布が生じると、各従業地ごとの立地余剰の均一性が崩れるため、再び各従業地ごとの立地移動が生じる。するとさらに再び、各従業地ごとのつけ値曲線が変化し、地価曲線が変化するという過程を経て、最終的な地価分布が決まる。

3-5 多従業地の場合の、つけ値にパラツキを考慮した表現

いま、各従業地 j へ通勤する世帯 n の居住地域 i に対するつけ値 b_{nji} が、図-6 のように分布しているとする。そして、その分布が互いに独立なワイブル分布、

$$F_e = \exp [-\exp (-\omega \varepsilon_{nji})] \text{ ----- (10)}$$

ここに、 F_e : ワイブル分布の分布関数、 ω : スケールパラメータ、 $\varepsilon_{nji} = b_{nji} - \bar{b}_{nji}$ に従うとし、また、各従業地 (j) へ通勤する世帯のうち、居住地域 (i) の土地市場へ参入する世帯数を N_{ji} とする。このとき、居住地域 (i) の地価は、全参入世帯のつけ値の最大の期待値 $\bar{P}_i$ であると考えることができる。これを式で書くと、次のようになる [Lerman and Kern (1983)]。

$$\bar{P}_i = (1/\omega) \ln \sum_j \exp \omega (\bar{b}_{nji} + \ln N_{ji}) \text{ --- (11)}$$

ここで、 $\bar{b}_{nji}$: 従業地 (j) への通勤者をもつ世帯 (n) の居住地域 (i) に対するつけ値の期待値

$$\bar{b}_{nji} = f(X_{ki}) = \sum_k \alpha_k X_{ki}, \quad f: \text{つけ値関数}$$

α_k : パラメータ、 X_{ki} : 居住地域 i の k 番目の土地条件の値

二従業地の場合の、各従業地へ通勤する世帯の任意の居住地 (i) に対するつけ値と、そこで出現するであろう地価の関係は図-7 のように表わされ、したがって、都市圏におけるつけ値分布および地価分布も同様に決定される。式 (11) および図-7 は、市場参入者数 N_{ji} が大きくなるに伴って、地価は上昇することを表わしている。

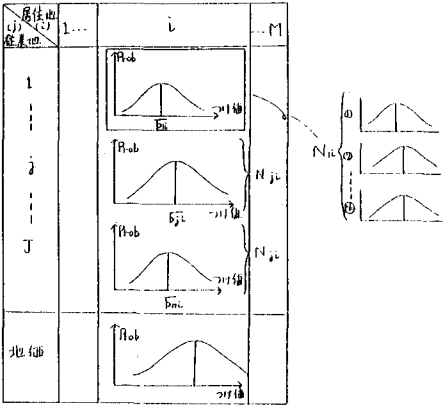


図-6 多従業地の場合の地価の決まり方

しかし、このように地価が決定されると、各従業地へ通勤する世帯の都市圏内における立地余剰の均一性が崩れるため、再び各従業地ごとに均一を保つような立地移動が生じる。そして、このような過程がくり返されるのは、3-4 に述べたとおりである。

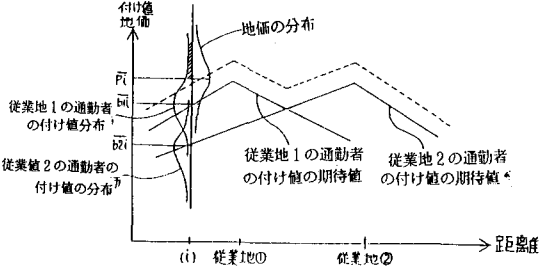


図-7 多従業地、つけ値にパラツキのある場合のつけ値、地価分布

4. 土地利用交通モデル (改良 CALUTAS)

3. で述べたように、郊外鉄道整備の効果は、住宅需要者に発生した効果が、住宅の住み替え一立地現象を介して、住宅地の地価 (地代) として帰属していく過程としてとらえることができる。現実の住宅の住み替え一立地過程を把握するためには、新都市経済学的な単純なモデルではなく、より実際の土地利用変化予測モデルが必要となる。筆者らはこのようなモデルとして土地利用モデル CALUTAS を開発してきたが、ここでは住宅の住み替え一立地行動を一貫して、立地余剰の指標に基づいて表現できるように改良したものをを用いて分析を行なう

立地余剰の値は、標準3次メッシュ単位求められるが、住み替えデータはゾーン（市町村を2～3個統合した地域）単位でしか得られず、また、モデルの出力の精度としてもこの程度で十分であると考えられる。そのため、立地余剰のゾーン代表値を与えることが必要となるが、これは、住み替え行動の特性から次のように考えられる。まず、留保の場合（現居住地に住み続ける場合）は、図-9に示すように、各メッシュにおける立地余剰の平均値とする。次に、住み替えの場合には、従業地から通勤可能圏内で土地（メッシュ）を探し、その中で最も立地余剰の高い土地に住み替えるものと考えられる。このとき、住み替え候補地としての各居住地（ゾーン、メッシュ）の立地余剰の値が、ワイブル分布すると仮定すれば、立地余剰の最大値の期待値は $\log \text{sum}$ 値として表現でき、これを代表値として用いる。

（2）住み替えモデルの特徴

住み替えモデルの特徴をまとめると以下のようになる。

- 1) 立地余剰を指標としており、CALUTASの住宅立地モデルとの整合性を有している。
- 2) 多くの非集計住宅立地モデルでは、その説明変数として効用要因と費用要因の両方を導入し、各々重みを統計的推定により求めることを試みているが、こうして得られるパラメータは、それらの差が立地余剰を表わしていることを何ら保障するものではない。そこで本モデルでは、立地余剰（粗効用と費用の差）をあらかじめ計算しておき、それを明示的な形でモデルに組み込んでいる。
- 3) 従来、住み替えモデルがいくつか開発されているが〔宮本・安藤・清水（1983）、林・磯部・富田（1983）など〕、それらのモデルでは住み替え先の選択肢が、都心、近郊、郊外といったようにそれぞれ広い範囲に設定されているため、住宅選択の最も重要な要因である通勤時間が正確に与えられなかった。しかし、本モデルでは、住み替え先候補地のゾーンおよびメッシュを特定できるような構造としているため、通勤条件を正確に反映でき、また従業地別に住み替え需要が算定されるのは重要な特徴である。

（3）住み替えモデルの推定結果

最尤推定法によるモデル推定の結果、次式に示す式が得られた。

$$P_{ijk}^B = 1 / [1 + \exp(0.1177 \times 10^{-3} \times \Delta X_{ijk}^{AB} + 1.2476Z)] \quad \text{--- (13)}$$

$[t = 18.3] \qquad \qquad [t = 1.43]$

ここで、（ ）内は t 値を示し、また、変数名は（12）式と同じである。なお、モデル推定には、建設省住宅需要実態調査（s53）の一都三県（東京都、神奈川県、埼玉県、千葉県）におけるサンプル966（留保471、住替495）を用い、推定精度は、的中率0.908、尤度比0.382である。

4-3 つけ値関数および地価

つけ値関数をランダムつけ値モデルを用いて推定し、その値に基づいて式（11）により地価の値が求められる。

4-4 モデルの動学化

住宅の住み替え—立地モデルと式（13）とを交互に用いて、3. で述べたような（1）交通施設整備～（2）立地余剰の空間的不均～（3）住み替え立地～（4）立地分布変化～（5）地価分布変化～（2）という動的な過程をシミュレートするモデル構造としている。

5. あとがき

本研究は、筆者らが開発してきた土地利用交通モデルCALUTASの効果分析への応用を目的としたものであったが、そのためにいくつかの新しい試みを加えた。しかし、いくつかの課題が残されているため、御批判を賜わり改良を続けたい。

最後に本研究に際して、森杉寿芳、内山久雄、肥田野登、宮本和明、広島康裕の各氏から貴重な御示唆、御意見をいただいた。記して感謝の意を表する。

<参考文献>

- 1) Lerman, Steven R and Clifford R Kern (1983) : Hednic Theory, Bid Rents and Willingness to Pay---Some Extension of Ellickson' s Results, The Journal of Urban Economics (forthcoming)
- 2) 中村英夫, 林良嗣, 宮本和明 (1983) : 広域都市圏土地利用-交通分析システム, 土木学会論文報告集, No. 335
- 3) 中村英夫 (1983) : 公共投資とその効果の測定, 土木学会誌
- 4) 森杉寿芳 (1981) : 「公共投資の効果」, 社会資本と公共投資, 第4章, 技報堂, pp205 ~ 215
- 5) Freeman, A Myrick (1979) : The Benefits of Environmental Improvement---Theory and Practice, Chapter6, the Johns Hopkins University Press
- 6) 宮本和明, 安藤淳, 清水英範 (1983) : 都市圏住宅需要予測モデル, 第5回土木計画学研究発表会
- 7) 林良嗣, 磯部友彦, 富田安夫 (1983) : 非集計手法を用いた住宅需要分析モデル, 第5回土木計画学研究発表会,
- 8) 日本住宅協会 (1979) : 昭和53年住宅需要実態調査結果報告