

地域研究 (その3)

地域研究部会

4. 地域内, 地域間の移動分析

4.1 移動モデルの基本タイプ

4-1-1 グラビティタイプの移動モデル

ニュートンの重力法則のアナロジーとしてグラビティモデルを考えることができる。すなわち, 2つの地域 i , j の結びつきの強さを I_{ij} とすると,

$$I_{ij} = k \frac{M_i \cdot M_j}{d_{ij}^2} \quad (4.1.1)$$

が, グラビティモデルの原形である。ここに, M_i , M_j はそれぞれの地域の大きさを表わす指標, d_{ij} は ij 間の距離, k は定数である。 I_{ij} として ij 間の人口移動量, M として地域の人口をとると人口移動を表わすグラビティモデルとなる。 d_{ij} の指数は, 地域においては必ずしも 2 であるとは限らないので, 正のパラメータ λ を用いるのが普通である。地域の大きさとしては, 人口を用いるのが一般的であるが, 地域の魅力度や引きつける強さなどを表わす指標を用いることも少なくない。しかしながら, そのような指標は結局人口の大小というものに集約されていると考えられることが多いので, 人口の関数で表わすことが普通である。そして, 一般には, 人口の α 乗, β 乗として,

$$I_{ij} = k \frac{P_i^\alpha \cdot P_j^\beta}{d_{ij}^\lambda} \quad (4.1.2)$$

がグラビティタイプのモデルの基本形であるといえることができる(注)。

グラビティモデルは W. Isard [1] のように確率論的な考え方から導くこともあるが, それがよく用いられる理由はやはり, 形が美しいという点と, 都心や地域が互

(注) さらに一般的にして,

$$I_{ij} = k \frac{f_1(P_i) \cdot f_2(P_j)}{f_3(d_{ij})} \quad (4.1.3)$$

をグラビティタイプのモデルの基本形とすることもある。

いに影響を及ぼし合って発展していく様子を, 宇宙空間の天体の相互作用のように眺めることができるという 2 点であろう。なお, このモデルの欠点として (4.1.3) 式において, 地域内の結びつきの強さ I_{ii} を考えると, $d_{ii} = 0$ であるとする無限大になってしまうという性質があげられるが, これについては, いろいろな工夫がなされている。

4-1-2 オポチュニティタイプのモデル

グラビティタイプのモデルが, 地域現象を遠くから鳥かん図風に眺めているのに対し, オポチュニティタイプのモデルは, 人間の移動するときの行動の仕方という点を重視して考えているといえよう。たとえば, S. A. Stouffer のオポチュニティモデルでは, 都心 i から郊外のある地域 j への人口移動量 M_{ij} を,

$$M_{ij} = k \frac{v_j}{V_{ij}} \quad (4.1.4)$$

としている。ここに, V_{ij} は i から見て j より近い地点にあるオポチュニティ(機会)の数で, 具体的には, ある条件を満足する空家の数で表わされる。また, v_j は, j 地域内にある空家(オポチュニティ)の数である。 V_{ij} は, ij 間のオポチュニティ距離とよぶことができ, グラビティモデルの実距離 d_{ij} に対応している。 V_{ij} は, ij 間にあるオポチュニティの数であるから, 買い物を目的とする移動の場合には商店, 食事を目的とする移動の場合にはレストラン, 就職口を捜す移動の場合には雇用機会というように, 移動の目的によって異なったもので計ることになる。

このモデルでは, ある目的をもって人が移動する場合に, 自分のいる点から順々に目的に合うオポチュニティを捜していくが, 情報の不足, 条件の不適合その他の理由で必ずしも近いオポチュニティに到達せずに, ある程度離れた所まで動いていくという考え方に立っている。(4.1.4) 式では, 移動量が ij 間のオポチュニティの数に反比例するという形でそれがあらわれているのである。

都市内におけるトリップ行動では、オポチュニティ距離 V_{ij} までに目的に合うオポチュニティを捜せなかった確率 $p(V_{ij})$ を導入して、

$$I_{ij} = P_i \{ p(V_{ij} - v_j) - p(V_{ij}) \} \quad (4.1.5)$$

とするモデルが考えられている。すなわち、 j 地点にトリップが到達する確率は、 j までオポチュニティを見つけることができなかった確率 $p(V_{ij} - v_j)$ から、 j を過ぎてもまだオポチュニティを見つけることのできない確率 $p(V_{ij})$ を引いたものになると考えるのである。そして、ごく単純に、

$$p(V_{ij}) = q^{V_{ij}} = e^{-\mu V_{ij}} \quad 0 < q < 1, \mu > 0 \quad (4.1.6)$$

とすると、

$$I_{ij} = P_i (e^{\mu v_j} - 1) e^{-\mu V_{ij}} \quad (4.1.7)$$

となる。

同じオポチュニティタイプのモデルでも (4.1.4) 式と (4.1.7) 式では形が大きく違っているが、オポチュニティ距離 V_{ij} を用いて実距離が入っていないという点でグラビティタイプのモデルと異なっているのである。このほかに、オポチュニティタイプに属するモデルはたくさんあるが、いずれも、この点に大きな特徴をもっている [2]。

4-1-3 エントロピータイプのモデル

このタイプのモデルは、人間のひとりひとりの行動に個性があることを重視して、地域間の移動という現象がそれぞれ独立に起こる個々の移動が集まったものであると考えるものである。

たとえば、地域 i から地域 j への移動を図 4.1.1 のような OD 表で表わしてみると、全部で T の移動量のうち T_{11} が a のマスに、 T_{12} が b のマスに、... というように入れられていく。ある状態 $\{T_{11}, T_{12}, T_{13}, \dots, T_{ij}, \dots, T_{1j}\}$ になったときの起こりやすさの度合を場合の数 W で表わすと、

$$W = T! / \prod_{ij} T_{ij}! \quad (4.1.8)$$

となる。この W を最大にする $\{T_{ij}\}$ を求めるのだが、全体の移動がある種の定常状態になっていると仮定して、対象地域全体での平均費用が一定という制約条件を課すことにする。すなわち、

$$\sum_{ij} c_{ij} T_{ij} = \bar{c} T \quad (4.1.9)$$

である。ここに c_{ij} は ij 間の移動コスト、 \bar{c} は定常状態になっているところの平均費用である。この他に、

$$\sum_j T_{ij} = O_i, \quad \sum_i T_{ij} = D_j \quad (4.1.10)$$

の制約条件を加えて W を最大にすると、スターリング近似を用いて、

$$T_{ij} = A_i B_j O_i D_j \exp(-\nu c_{ij}) \quad (4.1.11)$$

a	b				O_1
					O_2
					\vdots
					\vdots
					\vdots
					O_{I-1}
T_{11}	T_{12}			T_{1j-1}	T_{1j}
D_1	D_2			D_{j-1}	D_j
T					

図 4.1.1 OD 表

という解が求まる。

以上は、Wilson [3] による考え方であるが、ある $\{T_{ij}\}$ が起こる確率を求めて、それを最大化する手法がある。総トリップ T のうち $i \rightarrow j$ の移動に x 個のトリップが落ちる確率は、

$$p(x) = T C_x (p_i q_j)^x (1 - p_i q_j)^{T-x} \quad (4.1.12)$$

となる。したがって $\{T_{ij}\}$ が起こる確率は、

$$p(T_{ij}) = (T! / \prod_{ij} T_{ij}!) \prod_{ij} (p_i q_j)^{T_{ij}} \quad (4.1.13)$$

となり、制約条件

$$\sum p_i = \sum q_j = 1, \quad \sum c_{ij} T_{ij} = \bar{c} T \quad (4.1.14)$$

の下に最大化すると、

$$T_{ij} = \alpha p_i q_j \exp(-\beta c_{ij}) \quad (4.1.15)$$

が求まる。これは、Choukroun によって導かれたモデルである [4]。

4.2 モデルの比較

4-2-1 基本タイプにおける見方の違い

3つのタイプはまったく別々のものというのではなく、お互いに関係しあっている部分も少なくなく、形もあまり大きな違いがない。しかし、それぞれのモデルは、地域における移動現象をどのように見るかという点でかなりの違いがあるので簡単に比較してみる。

グラビティタイプのモデルは、地域という1つの単位をちょうど地球や月といった天体のように考え、対象とする地域の大きさや地域相互の距離とによって、ニュートンの重力法則のような説明を試みている。あたかも、国土という空間に、東京とか大阪といった天体が浮かんでいて、相互に力を及ぼし合っているというような見方をしているのである。

いっぽう、オポチュニティモデルは、グラビティモデルの見方とは反対に、地域を構成しているひとりひとりの行動にスポットを当てたものであるということが出来る。ある目的をもった人が、その目的の達せられるオポ

地域 r に i 財の供給主体があり、各地域への分配に関し独占的な立場にあるとする。そこでその主体が総輸送コスト一定の下で収入を最大にするような地域配分を行なうとする。

$${}_rR_i = a_i \sum_{s=1}^R P_s g_i \left(\frac{x_i^{rs}}{a_i P_s c_i} \right) \quad (4.4.1)$$

${}_rR_i$: 地域 r の i 財供給主体の収入

P_s : 地域 s の人口

a_i : $a_i P_s$ が地域 s での i 財の需要者数となるような比例定数

c_i : 需要側の規模効果を表わす定数

$g_i \left(\frac{x_i^{rs}}{a_i P_s c_i} \right)$: 地域 s における i 財の需要ポテンシャル

を制約条件,

$${}_rB_i = r_i \sum_{s=1}^R d_{rs} a_i x_i^{rs} \quad (4.4.2)$$

${}_rB_i$: 地域 r の i 財供給主体の固定された輸送コスト

d_{rs} : 地域 r, s 間の距離

r_i : i 財の輸送コスト定数

α_i : 定数 ($0 < \alpha_i < 1$)

のもとで最大にする。これをたとえば,

$$g_i \left(\frac{x_i^{rs}}{a_i P_s c_i} \right) = \left(\frac{x_i^{rs}}{a_i P_s c_i} \right)^{\beta_i} \quad (0 < \beta_i < 1) \quad (4.4.3)$$

として解けば,

$$x_i^{rs} = {}_rB_i \left(\frac{P_s c_i}{\sum_{s=1}^R (P_s c_i / d_{rs}^{\alpha_i \beta_i / (1-\beta_i)})} \right) \cdot \left(\frac{1}{r^{(1-\beta_i) / \alpha_i} d_{rs}} \right)^{\alpha_i / (1-\beta_i)} \quad (4.4.4)$$

となる[1]。

4-4-2 地域間産業連関分析

多数の財を同時に扱うマルチ・コモディティ・フローの分析では財間の関係も考慮する必要があり、その場合は地域間産業連関分析が適している。Moses型のモデル[2]では生産技術構造を表わす投入係数行列 A と交易パターンを表わす地域間交易係数行列 T を用いて,

$$x = TAx + f \quad (4.4.5)$$

x : 生産額ベクトル

f : 最終需要ベクトル

これを用いてフローの誘発される要因を見ることができ[12]。たとえば最終需要が $f = f_1 + \dots + f_k$ と k 個の項目に分かれている場合,

$$X(k) = T T^{-1} (I - TA)^{-1} T f_k \quad (4.4.6)$$

(\wedge はベクトルの要素を対角要素とする対角行列を表わす) は最終需要項目 k によって生み出されるフロー行

列となる。

この Moses 型のモデルを用いて最適な交易パターン T を求めることもできる。最終需要 f と生産技術構造 A を所与とし、各地域の生産能力および地域間の輸送能力から制約条件を課し、線型の総輸送コスト関数を与えてそれを最小とするような交易パターン T を LP 問題として解くことになる[13]。地域間産業連関モデルは他にも Leontief-Strout 型[14]などがあり、それぞれ分析の目的に応じて使い分けるべきである。

4-4-3 統計的分析方法

コモディティ・フロー行列 X_i に統計的手法を適用して分析することも可能である。たとえば地域の移出パターンあるいは移入パターンによって地域間の類似性を見るという問題を考えよう。地域 r の i 財の移出を $x_i^r = \sum_{s=1}^R x_i^{rs}$, 総移出 $x^r = \sum_{i=1}^N x_i^r$, $c_i^r = x_i^r / x^r$ とすれば, $c^r = (c_1^r, \dots, c_N^r)'$ は地域 r の財についての移出パターンを表わす指標となる。そこで地域間の類似性を見るために r, s 間の距離を,

$$\delta_{rs} = (c^r - c^s)'(c^r - c^s) \quad (4.4.7)$$

あるいはもっと一般的に正定符号行列 Σ を用いて $\delta_{rs} = (c^r - c^s)' \Sigma (c^r - c^s)$ とすれば δ_{rs} は地域 r, s 間の非親近性(dissimilarity)を表わす。そこで行列 (δ_{rs}) に MDS (Multidimensional Scaling) を適用しある p 次元空間 ($p < \min(N, R-1)$) に地域を配置し地域の移出パターンの特性を見ることができる。

参考文献

- [1] Isard, W., *Method of regional analysis*, MIT Press 1960.
- [2] 岡部篤行, “トリップ推定モデルとしてのオポチュニティモデルの利用の仕方”, *オペレーションズ・リサーチ* Vol. 22, No. 1 (1977) 14-19.
- [3] Wilson, A.G., *Entropy in Urban and Regional Models*, Pion, London, 1970.
- [4] Choukroun, J. M., “A general framework for the development of trip-distribution models”, *Regional Science & Urban Economics*, Vol. 5 (1975), 177-202.
- [5] Carrothers, A. P., “A historical review of the gravity and potential concept of human interaction,” *Journal of American Institute of Planners*, Vol. 22 (1956) 94-102.
- [6] Isard, W., “Some interaction analysis: some suggestive thoughts from general relativity

physics," *Papers of Regional Science Association*, Vol. 27 (1972) 17-38.

[7] Bussiere, R. and F. Snickars, "Derivation of the negative exponential model by an entropy maximising method," *Environment and Planning A*, Vol. 2 (1970) 295-301.

[8] 中村 理, "場合の数最大による住宅密度分布に関する研究", 日本オペレーションズリサーチ学会, 春季研究発表会アブストラクト集 1979.

[9] Tellier, L. N. and D. Sankoff, "Gravity models and interaction probabilities," *Journal of Regional Science*, Vol. 15, No. 3 (1975) 317-322.

[10] Niedercorn, J. H. and J. D. Moorehead, "The commodity flow gravity model," *Regional and Urban Economics*, Vol. 4, No. 1 (1974)

[11] Moses, L. N., "The stability of interregional trading patterns and input-output analysis," *The American Economic Review*, Vol. 45, No. 5 (1955)

[12] 新居玄武, "コモディティ・フローの経済分析", オペレーションズ・リサーチ, Vol. 23, No. 12 (1978)

[13] Moses, L. N., "A general equilibrium of production, interregional trade and location of industry," *The Review of Economics and Statistics*, Vol. 42, No. 4 (1960)

[14] Leontief, W. and A. Strout, "Multiregional input-output analysis," in W. Leontief ed., *Input-Output Economics*, Oxford University Press, New York, 1966.

[15] Paelinck, J. H. and Nijkamp, P., *Operational Theory and Methods in Regional Economics*, Saxon House, London, 1976.

5. 計画の実現が地域に及ぼす影響の分析

計画の地域に及ぼす影響は、短期・長期あるいは局地的、全国的等、プロジェクトの性格によってウェイトが異なる。これら影響を体系的に明らかにし評価する手法として、経済効果分析と環境アセスメントが開発されてきた。前者は投資の必要度、優先度を明らかにしようとするのに対し、後者は前者のもつ「経済性優先」に抗して、プロジェクトがもたらす環境破壊に焦点をあてて、事前にチェックする方法としてさかんに用いられるようになった。しかし環境へのマイナスの影響を最小限におさえる追加投資をした場合に、そのプロジェクトを実施すべきかどうかは費用・便益分析の問題になる。あるいは大きな経済的効果が期待され、地域の開発への要望が

強いにもかかわらず、環境保全を優先させる場合の費用負担の問題等が生ずる。一方、公共財供給の最適水準を明らかにすることは、これからの地方財政を考えるうえに重要な課題である。これらのことから、経済効果分析の基礎的手法を概観する。

経済効果の計測法については、個別的計測法と総合的計測法にわけられる。前者は、個別プロジェクトの直接・間接の影響を計測し、集計するもので、費用・便益分析とインパクト・スタディを含む。後者は、生産所得のような総合的な測定尺度をもって、二次的な波及効果を含めた効果を一気に計測するものである。エコノメトリック・モデルによる計測とプログラミング・モデルによる計測に大別できよう。

5.1 費用・便益分析の系譜

費用・便益分析は「投資によって発生する将来便益の流れと費用の流れを割り引いて現在価値として表わし、両者を比較することによって投資計画の判定基準としようとする」ものである(岡田[1])。

基本的考えは、資本投資プロジェクトの純利益を社会の純効用利得のタームで測定しようとするものである。消費者余剰の理論が社会的収益を測定する1つの方法を示唆した。費用・便益分析が、計画評価法として採用されたのは1930年代のアメリカにおいてである。その後公共支出の増加にとまない、浪費の危険を減少させるための手続、すなわち効率基準として広範な適用が試みられた。厚生経済学と費用・便益分析との関係についてはダズグバタ他[2]に詳しい。その結論部分としてつぎのことがあげられよう。

- (1) 費用・便益分析は社会的利得についてのその基準として社会的効用(厚生)における改善を採用している。
- (2) 「通常の」費用・便益分析は所得の限界効用に対する斟酌をいっさい組み込んでいない。
- (3) 費用は、厳密には、断念される代替案に対して社会が進んで支払おうとするもののタームで測定されるべきである(支払容認価格)。
- (4) 費用・便益分析がパレート最適であるためには以下の条件が必要である。
 - ① すべての分野で費用・便益分析が利用される。
 - ② 費用・便益分析を厳密かつ正確に適用できるような情報がある。
 - ③ 費用・便益分析という形で出てきた社会的選好が社会の構成員を満足させるものである。

一方、新都市経済学においては、道路交通に混雑現象が存在する場合を考え、輸送コストが交通密度の関数で

表 5.1.1 費用・便益分析の系譜

前史1844 デュビュイ「公共事業の効用の測定について」		
消費者余剰の概念・理論の精密化		
1890	マーシャル『経済学原理』	
1938	ホテリング	
1939	ヒックス『価値と資本』	
水資源開発への具体化		
1936	洪水防止法	
1950	グリーン・ブック	
1952	バジェットサーキュラーA47号	
1955	ハーヴァード計画	
1958	エクスタイン『水資源開発』	
	マッキーオン『システム分析による政府の効率』	
	クルティラ, エクスタイン『名目的河川開発』	
1962	マース他『水資源システムのデザイン』	
1965 プレスト, ターヴェイ「費用・便益分析・サーベイ」		
応用された厚生 経済学	都市における土 地利用と市場価 格	発展途上国へ の適用指針
ハーバーガー	ソロー	リトル
レゾーネ	ヴィックレイ	ミルリース
ダスグプタ	金本良嗣	スクアイア
セン	ロブソン	タク
マーグリン		
ダイヤモンド		
ミルレーズ		
環境影響評価との結合		
1973 河野他「公害評価率の理論と計測」		

あるとの定式化を行ない最適な土地利用パターンを求めるといった問題がさまざまなモデルについて考察されている。この中でソローとヴィックレイによって費用・便益分析を市場価格を基礎にして行なうと、一般には効率的な資源配分を達成することができない」という問題提起がなされている。ソローらは市場地代にもとづいた費用・便益分析は道路への過剰投資を招くであろうと結論したが、金本[3]は、生産物の総量が可変であり、生産物の純価値を最大化するモデルをつくると、結論が正反対になることを示している。

このような費用・便益分析の展開の中で明らかにされた点は「費用・便益分析の有効性が正確に発揮されるの

は、きわめて特殊な状況下でしかなく、通常の一般的状況においては近似的なものにすぎない」ということである。しかし政策変化の経済効果を測定する適当な分析手法が他にない以上、費用・便益分析の不完全な部分を認識しながら、その実践的・応用的便利さを最大限生かすことが必要であろう(吉田[4])。

5.2 ティンバーゲン・モデル

ティンバーゲンは、道路を対象として輸送施設の建設効果を計測するためのモデルを提案したが、その手順は図5.1.1のようになる(吉川[5], 窪寺[8])。

ここでは、一定の広がりをもった計測対象が幾つかの地域に分割されていて、各地域間には絶えず財の移出入があり、消費者は自地域を含めて財を最も低廉に提供する地域から購入すると仮定されている。さらにある地域から他の地域への財の輸送には輸送費がかかり、消費地の価格は、生産地の価格に輸送係数を乗じたものである。輸送施設の建設による経済効果は、輸送費の変化によって、輸送係数が T_{ki} から T_{ki}^* に変化したことによる実質国民所得の増加量で示される。

$$\Delta Y = \sum_h \sum_k \sum_i p_k^h (U_{ki}^{h*} - U_{ki}^h) = \sum_h \sum_k \sum_i p_k^h \Delta v_{ki}^h,$$

定義式 $V_{ki}^h = v_{ki}^h p_k^h T_{ki}$,

需要方程式 $V_{ki}^h = \delta_i^h \sum_{k'} \sum_{h'} V_{ik'}^{h'}$,

供給方程式 $p_i^h \sum_k v_{ik}^h = \bar{\sigma}_i^h p_i^h - \sigma_i^h \sum_{h'} p_{k'}^{h'} T_{k'i}$.

以上がモデルIで、売手 k が売手 k' より低い価格をつけると買手はその財の必要量をすべて売手 k から購入するものとされている(ある売手から他の売手への弾力性が無限大)のに対し、モデルIIではこの弾力性を有限としている(売手 k' から売手 k に変更する購入量は両者の価格の相対的变化に依存する)(吉川[5])。その後、ティンバーゲンは経済成長の数学的モデルを展開し、交通費用を明示した成長モデルを提案している。(ティンバーゲン他[6])そこでは交通が独立したセクションとして扱われ($h=1$ のインデックスをもつ)以下のように定式化されている。

投資 $r v_{L+0}^{hh'} = \frac{r k h h'}{\theta} (r v_{L+0}^{hh'} - r v_{L+0}^{h'})$,

貯蓄 $\sum_{\tau} r s_{\tau}^l = \sum_{\tau} \sum_h \sum_{h'} r v_{\tau}^{hh'}$,
 $r s_{\tau}^l = \sigma^r Y_{\tau}$,

生産所得 $r Y_{\tau} = \sum_h r p_{\tau}^h (r v_{\tau}^h - \sum_{h'} r \phi_{hh'}^{hh'} \cdot r v_{\tau}^{hh'})$,

生産量 $r v_{\tau}^h = \sum_{\tau'} r r' \omega_{\tau}^h$,

物流 $\sum_{\tau'} r' r \omega_{\tau}^h = \frac{r r' (r Y_{\tau} - r s_{\tau}^l)}{r \bar{p}_{\tau}^h} + r \bar{c}_{\tau}^h \frac{\sum_{\tau'} r \bar{p}_{\tau}^{hh'}}{r \bar{p}_{\tau}^h}$
 $+ \sum_{h'} r v_{\tau}^{hh'} + \sum_{h'} r v_{\tau}^{hh'} + r e^h$

$$h=2, \dots, H$$

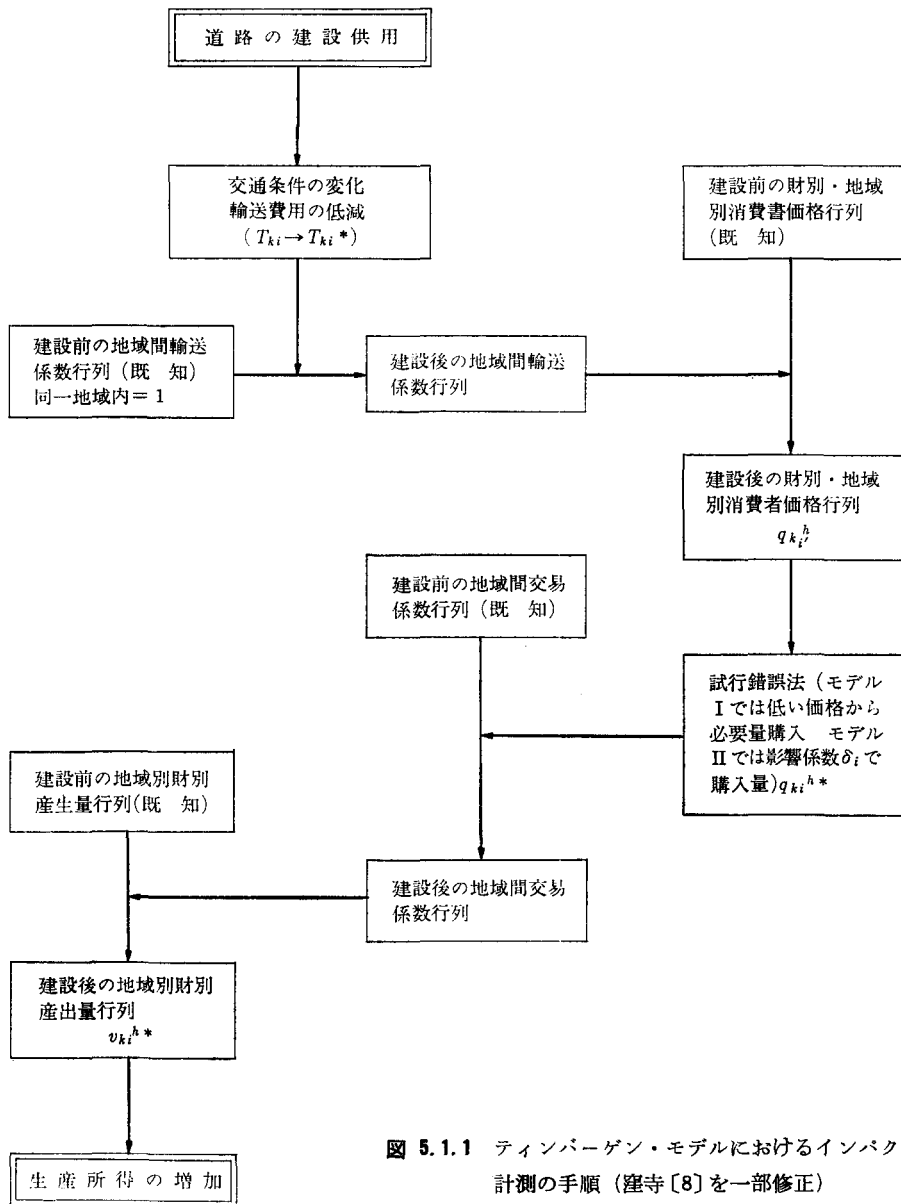


図 5.1.1 ティンバーゲン・モデルにおけるインパクト計測の手順 (窪寺 [8] を一部修正)

$${}^{rr}x_i^t \cdot r p_t^t = \sum_h \sum_{r'} {}^{rr}x_i^h \cdot r p_t^h ({}^{rr}T^h - 1) + r r' (r Y - r s) + r \bar{c}' \sum_h r \bar{p}^h.$$

さらに消費者需要の弾力性を含めてモデルの提示を行なっている。ティンバーゲン・モデルの特徴は、

- ① 地域間の需要・供給関数とその需給均衡をモデルにセットし、
 - ② 生産地価格、消費地価格を内生変数とする、
- ところにある。この点なくしては「社会的間接資本の投下の総合的效果を十全たる形で把握するという課題の解明はできない」という河野[7]の指摘は重要と思われる。しかし、具体的適用となると、計測対象とデータ制約

から、財・サービスの交易係数の扱いが問題となる。この点で、道路公団が事後的データをもとに、インパクトと市町村の立地条件との関係を求め、得られた関係を他の地域に適用した方法が、より多くのケースで試みられてよいであろう (窪寺[8])。

5.3 プログラミング・モデルによる計測

この方法は、産業連関分析と線型計画法を結合することによって、資源配分問題での2つの課題すなわち、④経済効果の計測と、⑤投資配分の決定、とを最適同時決定しようとするものである。ラフィパー、モーゼス、河

野と展開された(河野[9]).

モーゼス・モデルは、つぎのように定式化されている。

$$Y_i^r = (1 - a_{ii}^r + v_i^{rr}) S_i^{rr} - \sum_{s \neq r} \sum_{j \neq i} (a_{ij}^r + v_j^{rs}) S_j^{rs} \\ + \sum_{s \neq r} S_i^{sr}, \quad \sum_s S_i^{rs} = X_i^r \leq K_i^r,$$

の制約条件下で、

$$z = \sum_i \sum_r \sum_s (a_i^{rs} + v_i^{rs}) S_i^{rs}$$

を最小とする線型計画の問題とされる。

ここで a_i^r は r 地域での i 財 1 単位の生産費、 v_i^{rs} は i 財 1 単位を r 地域から s 地域へ輸送するために必要な輸送費、 S_i^{rs} は r 地域から s 地域へ輸送される i 財の量である。

輸送施設建設の経済効果としては、輸送費の節約と輸送時間の短縮に起因する財の生産と取引の変化である。ここから輸送費 v_i^{rs} を変化させて計算した z^* と z との差が経済効果と考えられる(モーゼス・モデルでは地域別最終需要 Y_i^r は一定と仮定されている)。

河野[9]は、モーゼス型モデルに依拠しながら、ラフイパー型の配分機構を組み込んで、地域間産業連関プログラミング・モデルを構成している。すなわち地域別の財貨・サービス需給バランス制約(地域間産業連関表)を組み込んだモデルを中心に輸送能力制約と投資資金総額制約がつけ加わり、以下の定式化がなされている。

$$\begin{pmatrix} I & 0 \\ I-A & 0 \\ b & 0 \\ w & -I \\ 0 & c \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ X \\ \Delta h \\ \Delta h \end{pmatrix} \begin{matrix} \leq K^* \\ \leq B^* \\ \leq L^* \\ \leq h^* \\ \leq F^* \end{matrix}, \quad \begin{pmatrix} X \\ \Delta h \end{pmatrix} \geq [0]$$

(生産キャパシティ)
(最終需要)
(生産要素の供給限度量)

の制約条件のもとで、

$$(\lambda)[X \Delta h]^T$$

という目的関数の最大化とする(*印は先決制約量)。

このモデルの投資配分機構はつぎのようになっている。

$$\text{資金制約量 } [F^*] \rightarrow \text{交通施設投資額} - \text{輸送量増分係数} \\ \text{行ベクトル } (c)$$

$$\text{交通施設容量 } [h^*] \leftarrow \text{配分マトリックス } [-I] \\ \text{の増分 } [\Delta h]$$

このモデルは、地域別産業別生産・出荷編成 $[X]$ と運輸関係公共投資の輸送手段別配分 $[\Delta h]$ との最適一挙同時決定を課題とし、経済効果測定を直接の課題としていないが求めた解をもとに、総費用 z を算定し比較すればモーゼス・モデルと同様の経済効果が測定されよう。

参考文献

[1] 岡田 清, 交通投資と便益・費用分析, 大塚久雄他編『地域経済と交通』東京大学出版会, 1971.

[2] ダスグプタ, ピアース, コスト・ベネフィット分析・厚生経済学の理論と実践, 尾上久雄他訳, 中央経済社, 1974.

[3] 金本良嗣, “都市における道路の混雑と費用・便益分析”, 高速道路と自動車 Vol. XVII, No. 9 (1974).

[4] 吉田雅敏, “費用—便益分析の基本的諸問題”, 高速道路と自動車, Vol. XIX, No. 5, No. 6 (1976).

[5] 吉川和広, 土木計画とOR, 丸善, 1969.

[6] Tinbergen, J. and Bos, H. C., *Mathematical Models of Economic Growth*, McGraw-Hill, New York, 1962.

[7] 河野博忠, “日本における地域学: 展望”, 地域学研究, 第4巻 (1974).

[8] 窪寺克次, “高速道路インパクトの予測モデル”, 高速道路と自動車, Vol. XXI, No. 12 (1978).

[9] 河野博忠, “地域間線型計画”, 福地崇生編『地域経済学』, 有斐閣, 1974.

あとがき

当初, 1 回の予定で企画した地域研究の総合報告であったが, メンバーがはりきってかなりの原稿が集まってしまい, 編集委員会にお願いしてやっと 3 回分のスペースをもらったが, 入りきらないところも出てきてしまった。線の施設の評価は, 今のところ十分な成果が上っていないこともあって割愛した。また環境指標に関する報告やトリップ調査についての原稿も除かせてもらった。なお本報告の執筆者は新居玄武, 岡部篤行, 奥平耕造, 腰塚武志, 小出 治, 田淵隆俊, 中村 理, 馬場宏造, 百合本 茂(アイウエオ順)である。

次号予告

特集 ストッピングルール

最適停止問題の諸相 坂口 実
 多人数による最適停止問題 蔵野正美, 他
 最適停止問題とその周辺——逐次選択過程 生田 誠三
 逐次選択および順序づけのための

ストッピングルール 浅野長一郎
 臨床実験のためのストッピングルール 伏見 正則

解説

ORのルーツを探る(1)

総合報告

整数/組合せ計画法(その5) 整数計画法研究部会

講演

都市交通システムの最適設計 月尾 嘉男