

圏域の内部構造を考慮した広域圏人口変動モデル

豊橋技術科学大学大学院 学生会員 ○加藤 慎一
豊橋技術科学大学工学部 正会員 廣島 康裕

1. はじめに

広域圏とは、経済・社会的な結合関係をもつ市町村（以下、ゾーンとして扱う）によって構成される圏域である。今日、通勤、通学、買物、通院などの日常生活行動の多くは、居住地周辺の在来生活圈（基礎生活圈）を越えて広域圏レベルで行われている。したがって広域圏の人口変動は、圏域のマクロ的な要因に対応させて捉えるのではなく、圏域内の各ゾーンの経済・社会活動水準とその需要・供給構造、および両者を結びつける道路・交通基盤の整備水準など、圏域の内部構造に対応させて捉える必要がある。また、広域圏全体の定住化を促進させるためには、各種経済・社会活動および基盤整備の水準と個人の居住地選択行動との関係を把握し、この関係をもとに効果的な整備を行うことが必要となる。

地域の基盤整備に伴う人口予測に関する従来の研究には、大都市圏を対象としたもの¹⁾、地方中心都市、およびその周辺地域を対象としたもの²⁾が多く、広域圏を対象とした研究例は少ない。また、広域圏を対象としたものでも、圏域の人口・産業構造を捉えているもの³⁾はいくつかみられるが、広域圏全体とその内部構造との相互関係を考慮してモデル化を行ったものは少なく、計量経済モデルと活動立地モデルを用いた吉川・小林・奥村の研究⁴⁾においても、全体と内部の相互関係は考慮されていない。

そこで本研究では、広域圏全体とその内部構造に着目した地域構造分析を行う一環として、広域圏の経済・社会活動および基盤整備の水準と個人の居住地選択行動との関係を捉えた広域圏の人口変動モデルを構築し、モデルの定式化においては、非集計行動モデルに基づく広域圏・ゾーン選択行動モデルを提案し、その効用関数に経済・社会活動および基盤整備の指標を組み込むことによって、人口と経済・社会活動および基盤整備との関係を記述することを試みた。

2. モデルの考え方

本研究で構築するモデルは、ゾーン選択を考慮した広域圏人口の予測モデルである。したがって居住地選択を行う意思決定者は広域圏とゾーンを組合せで選択し、その行動結果である各ゾーンおよび広域圏の同時選択確率をすべての意思決定者について総和したものが広域圏の人口であるという考え方をとっている。つまり「意思決定者は、選択対象とする広域圏、ゾーン各々の経済・社会活動、基盤整備の水準を考慮し、個

人の属性のもとで効用が最大になるような組合せを選択する」という行動仮説を立て、この仮説のもとで広域圏とゾーンが同時に決定されるものとしてモデル構築を行っている。ただし、これを同時型で扱う場合、選択肢が広域圏とゾーンの一对の組合せで表されることになり、その取り扱いが非常に煩雑になるため、本研究においては広域圏、ゾーンが段階性をもっていることを考慮して、

段階型モデルによって意思決定行動を記述するものとした。以上の考え方により、本研究で用いる意思決定のツリー構造は図-1のようにし

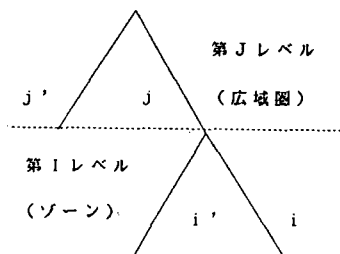


図-1 意思決定のツリー構造

3. モデルの定式化

本モデルにおける基本的な考え方を、図-1の意思決定ツリーによって定式化する。いま、意思決定ツリーにおいて、第Jレベルの選択肢として広域圏 j ($j=1, 2, \dots, M$)、第Iレベルの選択肢として広域圏 j 内のゾーン i ($i=1, 2, \dots, N_j$)がある。ここで、意思決定者が広域圏 j とゾーン i を選択した場合の効用 $U(i, j)$ は確定項 V とランダム項 ε (ε は平均0, 標準偏差 σ のガンベル分布に従うと仮定する)を用いることによって(1)式のように表される。

$$U(i, j) = V_j + V_{ji} + \varepsilon_j + \varepsilon_{ji} \quad \dots\dots (1)$$

ここに、 V_j, ε_j は第Iレベルに関係しない第Jレベルのみの効用の確定項とランダム項、 V_{ji}, ε_{ji} は第Iレベルに加え第Jレベルを考慮したときの効用の確定項とランダム項である。

まず、上位レベルJの選択結果の条件付での第Iレベルの選択肢 i の選択確率 P_{ij} は、次のロジットモデルによって与えられる。

$$P_{ij} = \frac{\exp(\lambda_j V_{ji})}{\sum_{i'} \exp(\lambda_j V_{ji'})} \quad \dots\dots (2)$$

ここに、 λ_j はランダム項 ε_{ji} の標準偏差 $\sigma_{\varepsilon_{ji}}$ に対応するパラメータで、 $\lambda_j = \pi / \sqrt{6} \sigma_{\varepsilon_{ji}}$ である。

次に、第Jレベルの選択確率であるが、ここでは第

Iレベルの最大効用と第Jレベル自体の効用との和が最大となる選択肢jを選択するため、次のロジットモデルによって与えられる。

$$P_j = \frac{\exp \{ \lambda_2 (V_j + V_j^*) \}}{\sum_{j'} \exp \{ \lambda_2 (V_{j'} + V_{j'}^*) \}} \quad \dots\dots(3)$$

ここに、 V_j^* は下位レベルIの最大効用 U_j^* の最頻値であり、 U_j^* が ε_{ji} と同一分散のガンベル分布関数になることより(4)式のように表される。

$$V_j^* = \frac{1}{\lambda_1} \ln \sum_{i'} \exp \{ \lambda_1 V_{ji'} \} \quad \dots\dots(4)$$

また、 λ_2 はランダム項 $\varepsilon_j^* = \varepsilon_j + \varepsilon_j^*$ の標準偏差 $\sigma_{\varepsilon_2}^* = (\sigma_{\varepsilon_j}^2 + \sigma_{\varepsilon_j^*}^2)^{1/2}$ に対応するパラメータで、 $\lambda_2 = \frac{\pi}{\sqrt{6}} (\sigma_{\varepsilon_j}^2 + \frac{1}{\lambda_1^2} \frac{\pi}{6})^{-1/2}$ である。

よって、時点t-1において任意の広域圏Iのゾーンkに居住する意思決定者nが時点tに広域圏jを選択する確率を $P_j^{kn}(t)$ とすると、これをすべての意思決定者について総和したものが時点tにおける広域圏jの人口であり、次のように表される。

$$POP_j(t) = \sum_{l,k,n} \sum_{j'} P_j^{kn}(t) \exp \{ \lambda_2 (V_j(t) + V_j^*(t)) \} / \sum_{j'} \exp \{ \lambda_2 (V_{j'}(t) + V_{j'}^*(t)) \} \quad \dots\dots(5)$$

$$\text{ただし、} V_j^* = \frac{1}{\lambda_1} \ln \sum_{i'} \exp \{ \lambda_1 V_{ji'}(t) \}$$

さて、意思決定者集団で効用ベクトルが確率分布に従っているものと考えるとき、ある意思決定者が効用ベクトル V のもとで選択肢jを選択する確率は、その選択肢の効用ベクトルが V であるという条件付確率であるので、この確率関数を $P_j(j|V)$ とする。次に、集団における効用ベクトル V の密度関数を $f_V(V)$ とすれば、jと V の同時確率関数 $f_{j,V}(j,V)$ は次のように表される。

$$f_{j,V}(j,V) = P_j(j|V) \cdot f_V(V) \quad \dots\dots(6)$$

ここに全確率の定理を適用すれば、選択肢jが選択される周辺確率 $P_j(j)$ は次のように得られる⁵⁾。

$$P_j(j) = \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} P_j(j|V) \cdot f_V(V) dV \quad \dots\dots(7)$$

すなわち、選択肢の効用ベクトル V が意思決定者集団内で一定の分布に従うとき、その集団による選択肢jの選択確率は(7)式により求められる。したがって、この関数に時点tにおける選択肢の効用ベクトルの分布を代入し、求められた結果に時点tにおける全国の人口 $POP_N(t)$ を乗ずれば、時点tの広域圏jの人口 $POP_j(t)$ が次のように得られる。

$$POP_j(t) = POP_N(t) \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} P_j(j|V) \cdot f_V(V) dV \quad \dots\dots(8)$$

また、(7)式の関数が平均値ベクトル $\bar{V}$ 、標準偏差ベクトル σ_V に従う関数として求められるならば、(8)式は次のようになり、取り扱いが容易になる。

$$POP_j(t) = POP_N(t) \cdot g(\bar{V}, \sigma_V^2) \quad \dots\dots(9)$$

これにより、全国の人口、広域圏jの人口と効用規定要因の値は時系列データで与えられることから、効用関数のパラメータを推定することができる。

4. 効用関数について

本モデルの効用関数は、上述した各ツリーに対応する効用の平均と偏差（以下、効用のタイプとして扱う）を決定するものである。ここで各説明要因の効果の線形性を仮定し、(10)式のような関数型を効用関数として用いるものとする。

$$V_\alpha = \sum_c \beta_{ab}^c X_{ab}^c \quad \dots\dots(10)$$

ここに、 V_α はタイプ α の効用、 X_{ab}^c は分類cの要因a、変数bの値、 β_{ab}^c はそのパラメータである。なお、具体的な変数については表-1に示したものを考えている。

表-1 効用関数の説明要因

分類	要 因	変 数	
		全国平均との偏差	広域圏内の平均と偏差
道路・交通施設	高速自動車国道	特高電化(100-1000)の区	100-1000までのアクセス時間
	一般国道	区別	区別
	主要地方道	区別	区別
	一般府道県道	区別	区別
	市区町村道	区別	区別
	公共交通機関	利用可能な施設数	利用可能な施設数
	アクセシビリティ	中心業務地域までのアクセス時間	中心業務地域までのアクセス時間
生活環境施設	広域型医療施設	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	地区型医療施設	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	広域型文化施設	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	地区型文化施設	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	高等教育機関	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	専修・専門学校	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
	高等学校	施設数、施設タイプ	施設数、施設タイプ
経済・社会生活	第1次産業	就業人口、就業率	就業人口、就業率
	全国型第2次産業	就業人口、就業率、設備投資	就業人口、就業率、設備投資
	地方型第2次産業	就業人口、就業率、設備投資	就業人口、就業率、設備投資
	全国型第3次産業	就業人口、就業率、設備投資	就業人口、就業率、設備投資
	広域型第3次産業	就業人口、就業率、設備投資	就業人口、就業率、設備投資

5. おわりに

本稿では、モデルの考え方の提示とその定式化を行った。モデルの細部構造と具体的なパラメータの推定方法については講演時にまとめて報告する予定である。

【参考文献】

- 1) 例えば、中村、林、宮本：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、第335号、pp. 141-153、1983.7
- 2) 例えば、川上、高山：地方生活圏における人口移動と地区特性に関する一考察—金沢市におけるケーススタディ—、都市計画 別冊、No. 14、pp. 1-6、1979
- 3) 例えば、大坂谷：就業機会からみた地方圏開発政策の基本方向—北海道及び東北の広域生活圏の事例—、都市計画 別冊、No. 16、pp. 115-120、1981
- 4) 吉川、小松、奥村：地方都市圏の定住基盤形成のための活動立地モデル、土木計画学研究・講義集、No. 9、pp. 305-312、1986.10
- 5) 伊藤、亀田 訳：不確定現象の解析モデル、土木・建築のための確率・統計の基礎、pp. 79-167、1977、丸善