

都市の魅力を中心とした都市成長モデルの開発

A Dynamic Growth Modeling Considering The Urban Attraction

青木俊明*, 稲村 肇**

by Toshiaki AOKI and Hajime INAMURA

1. はじめに

都市の近年の成長は3次産業が中心である。このことは北九州など2次産業の就労者数の多い都市が人口減少であること、仙台のような2次産業就労者数の少ない都市が成長を続けていることから推論できる。3次産業は消費圏の広域化や交通網の発達等に強く影響を受け、消費を中心とする発達過程においては地域の境界はもはや存在しない。経済の発達した我が国では就業機会は人口移動の絶対条件ではなく、単なる一つの前提条件になりつつある。すなわち、都市圏間の人口移動の要因は所得差や就業機会ではなく、都市の持つ魅力によると考えられる。

都市成長モデルには大きく分けて2つの流れが存在する。1つはシステム・ダイナミクス(SD)に代表される総合成長モデル^{1)~3)}であり、他方はミクロ経済学に基礎をおいた経済理論モデル^{4)~11)}である。SDモデルはその柔軟性から複雑かつ長期的な問題に対しては非常に有効であるが、その柔軟さ故に主観的であるとの批判も多い。経済理論モデルは効用最大化理論に基づいているため理論的妥当性を持つ。しかし、その多くは比較静学モデルであり、長期的動学化も困難である。本研究では基本的にSDの枠組みを使用しているが、サブモデルではミクロ経済学及び集計行動モデルの考え方を導入し、都市成長モデルの信頼性を向上させるものである。

本研究では都市の魅力という観点から人口移動を表現することを目的としており、仙台都市圏をケーススタディーとして、モデルのキャリブレーションと100年間の人口予測を行った。

2. モデルの全体構成

図-1にモデルの全体構成を示す。生活環境セク

Key Words 人口分布、土地利用

* 学生員 東北大学大学院 情報科学研究科
(〒980 仙台市青葉区荒巻字青葉)

** 正会員 工博 東北大学教授 情報科学研究科
(同 上)

ーを除く4つのセクターで計算された結果を基に生活環境セクターで魅力に直し、人口の流出入を決定する。各要因の認識に対する時間遅れは1年とする。

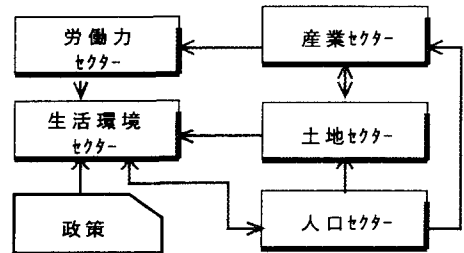


図-1 モデルの全体構成

人口セクターではコホートモデルを採用し、構成年齢層の変化を表現している。自然動態の出生者数、死亡者数は一定の年齢層別出生率・死亡率より算出する。社会動態は魅力に応じて流出入が決まる。就学や転動による流出入はその差が常に0になると仮定し、純粋な増加分と減少分のみを扱う。なお、本研究では都市圏間の人口移動を対象にしているため、圏内の住み替えは扱っていない。

産業セクターでは、製造業は出荷額を指標として外生的に与えており、サービス業では重回帰分析によりその事業所数を与えている。その説明変数と分析結果を表-1に示す。

表-1 サービス業の立地関数のパラメーター

説明変数		係数
α_1	定数項	$-3.19 \times 10^4 (-15.73)$
	圏内人口	0.04(25.05)
α_2	商業地地価	0.89(2.61)
重相関係数		0.998
決定係数		0.997
サンプル数		10

()はt値

圏内人口は当モデル内で毎年算出され、商業地地価は都市規模別に公示地価より引用し、最小二乗法を用いて地価関数を設定した。(1)式にそれを示す。

$$LP = 9.34 \times 10^4 + 8.78 \times 10^2 P - 3.88 P^2 + 1.38 \times 10^{-2} P^3 \quad \dots (1)$$

LP:商業地地価(万円) P:圏内人口(人)

重回帰分析の結果、商業地価がサービス業の立地に対して正に働いているため、再考の必要性がある。

商業は小売業の床面積を指標として重回分析によって表した。その説明変数と分析結果を表-2に示す。

表-2 都心小売業立地関数のパラメーター

説明変数		係数
α_1	定数項	$3.76 \times 10^{-6} (2.53)$
α_2	観光客	$2.17 (1.48)$
α_3	商圏人口	$-0.39 (-2.56)$
α_4	サービス業事業所数	$18.20 (4.74)$
重相関係数		0.997
決定係数		0.992
サンプル数		10

()はt値

商圏人口は宮城県の商圏¹²⁾より算出した拡大係数を用いている。観光客数は人口を説明変数として最小二乗法により算定した。(2)式にそれを示す。

$$y = \log(7.95 + 1.73 \times 10^{-6} x) \quad \dots (2)$$

y:観光客数(千人) x:圏内人口(人)

労働力セクターでは産業セクターで用いている各産業の就業人数を算出する。

土地セクターでは圏内の宅地と農地、森林を扱っている。宅地は流入世帯数と中古住宅数の差より算出される必要住宅数に応じて計算される。

生活環境セクターでは本研究での人口移動の源となっている魅力を算出するセクターであり、このセクターで翌年の人口変化量が決定される。

3. 生活環境セクターの魅力と予測方法

都市成長に影響を与える魅力の抽出のためにKJ法を用い、その結果から魅力の要因として6つの指標を選定した。魅力は人口流入に影響を与える正の魅力と人口流出に影響を与える負の魅力を考える。

正の魅力を以下の4つで表現する。

- ①商業魅力…都心地域のサービスと小売業が与える購買機会のイメージ。
- ②文化魅力…文化・教育のレベルと多様性に対するイメージ。
- ③雇用魅力…人口移動の制約条件の一つとなる雇用機会の多さ、職業の多様性のイメージ。
- ④生活環境ダミー変数

…生活環境の良否を表したダミー変数。

負の魅力を以下の2つで表現する。

⑤緑地魅力…自然環境に対する不満足度。

⑥人口密度…混雑に起因した負のイメージ。

以下に各魅力の詳細な説明を述べる。

(1)商業魅力

本モデルの中では小売業の床面積を変数としたテーブル関数で与えている。この魅力は商業地域が小さいときは急激に伸び、あるレベル以上では魅力の伸びは小さくなると考える。それを(3)式に示す。

$$y = -1.30 + 0.14 \log(x) \quad \dots (3)$$

y:商業魅力度 x:小売業床面積(m²)

(2)文化魅力

文化魅力は文化施設数からテーブル関数を用いて文化と教育の魅力を表している。教育はその多様性と需要を表現するのが難しいことから今回は文化的側面のみを扱っている。ここでの文化施設とは公民館数、図書館数、博物館数、青少年教育施設数、勤労青少年・婦人福祉施設数、常設映画館数、スポーツ施設数である。これらのデータは社会生活統計指標¹³⁾より引用した。これらの総施設数を変数にとりテーブル関数を用いて算定した。それを(4)式に示す。

$$y = -0.38 + 1.6 \times 10^{-3} x - 5.98 \times 10^{-7} x^2 + 7.41 \times 10^{-11} x^3 \quad \dots (4)$$

y:文化魅力度 x:文化施設数(ヶ所)

(3)雇用機会魅力

雇用機会は人口移動の一つの制約条件として扱い、人口移動の起こる前提条件と考える。雇用機会は前年度の就業者数とその年の就業者数の差とし、その値より翌年の雇用機会魅力を算定した。就業機会のイメージは、あるレベル以上では単に“就業機会が多い”という形で認識され、魅力度の伸びは収束すると考える。それを(5)式に示す。

$$\left. \begin{aligned} y &= 10^{-4} x & (0 \leq x \leq 10^4) \\ y &= 2.22 \times 10^{-6} x + 0.98 & (10^4 < x) \end{aligned} \right\} \quad \dots (5)$$

y:雇用機会魅力 x:雇用機会(人)

(4)生活環境ダミー変数

生活環境の良し悪しを表すダミー変数であり、東京=0, 仙台=1とした。

(5)緑地率

緑地が少なければ自然環境の満足度が低く、人口流出の原因になると設定した。緑地率は、他の地域

に与えるの緑のイメージであることを考慮して旧仙台市部分の田、畑、森林の面積と全都市公園面積を合計したものを旧仙台市の全面積で割った商とした。緑地率は魅力には直さずに統計値を用いている。

(6)人口密度

人口密度が高くなってくると窮屈さ（混雑）を感じ、生活環境を悪化させる原因となり、人口流出につながると考え、負の要因とした。他の地域へ与えるの混雑のイメージということを考慮して現仙台市の人口密度を用いた。これも統計値を用いている。

(7)モデルの予測方法

流入に正の影響を与える4つの指標を正の効用とし、負の影響を与える2つの指標を負の効用とし、それぞれを効用関数という形で設定した。(6),(7)式にそれを示す。

正の効用関数

$$V_{i1}=a_{11}Z_{i1}+a_{12}Z_{i2}+a_{13}Z_{i3}+a_{14}Z_{i4} \quad \dots(6)$$

V_{i1} : 地域iの正の効用

Z_{i1} : 商業魅力 Z_{i3} : 雇用機会魅力

Z_{i2} : 文化魅力 Z_{i4} : 生活環境ダミー

負の効用関数

$$V'_{i2}=b_{i5}Z_{i5}+b_{i6}Z_{i6} \quad \dots(7)$$

V'_{i2} : 地域iの負の効用

Z_{i5} : 緑地率 Z_{i6} : 人口密度

iは地域, a, b はパラメーターを示す。

これを集計ロジットモデルとして(8)式で仮定し、最尤法を用いてパラメーターを推定する。

$$P_{ij}=e^{V_{ij}} / \sum_{i=1}^2 e^{V_{ij}} \quad \dots(8)$$

P_{11} : 福島県から東京への流出数

P_{21} : 福島県から仙台への流出数

P_{12} : 東京の流出入口

P_{22} : 仙台の流出入口

人口流入量を求める場合、流出先の選択地として東京と仙台を考え、福島県の人流出する場合の選択を考える。そのためPには福島県の人口動態⁽⁴⁾の値を用い、福島県から仙台への流出者数と東京への流出者数を正の効用関数に入れ、パラメーターを推定する。これにより各年度の状況に応じて魅力の度合いを計ることができる。福島県を選んだ理由は宮

城県への流入者が最も多いからである。パラメーターの推定結果を表-3に示す。

表-3 正の魅力のパラメーター推定結果

説明変数		係数
a ₁	商業魅力	3.15(5.00)
a ₂	文化魅力	0.34(2.15)
a ₃	雇用機会魅力	2.74(12.00)
a ₄	生活環境ダミー	2.09(7.10)
χ^2 値		1.79
ρ^2 値		0.08(0.06)
的中率		0.98
サンプル数		16

()はt値

人口流出量を求める場合、流出するかどうかの観点から(8)式のPには仙台の人口の社会増加数と東京の人口の社会減少数を入れ、負の効用関数のパラメーターを推定する。東京は社会動態では減少を続けており、仙台は増加を続けているので2つの都市のデータを用いることより負の魅力の算出を目的としている。パラメーターの推定結果を表-4に示す。

表-4 負の魅力のパラメーター推定結果

説明変数		係数
b ₁	緑地率	6.24×10^{-6} (254.90)
b ₂	人口密度	16.70(180.15)
χ^2 値		6.41
ρ^2 値		0.42(0.31)
的中率		0.67
サンプル数		11

()はt値

算出した効用を用いて重回帰分析により流入人口と、流出人口を求める。人口変化量 ΔP を(9)式で定義する。流入人口量の算定には正の効用を用い、流出人口量の算定には負の効用を用いる。重回帰分析の結果を表-5に示す。

人口変化量

$$\Delta P_k = c_k V_k^{d_k} \quad \dots(9)$$

$$\log \Delta P_k = \log C_k + d_k \log V_k$$

$$k \begin{cases} =1 \text{ (流入人口量)} \\ =2 \text{ (流出人口量)} \end{cases}$$

表-5 人口変化量の重回帰分析の結果

		流入人口	流出人口
パラメータ	log c	79.62(6.34)	-47.07(-2.39)
	d	-37.45(-5.56)	24.06(2.92)
決定係数		0.79	0.49
重相関係数		0.89	0.70
サンプル数		10	10

()はt値

構築したモデルを用いて仙台都市圏を対象に1980年の値を初期値として与え、1990年までを事後的に予測し、その後90年間の予測を行う。

4. 人口変化のシミュレーション結果とその検討

本章ではモデルによる計算結果と1990年の統計値を比較し、本モデルの有用性を検討する。

表-6に1980年と1990年の実際の統計値の各人口とシミュレーションの結果によって得た計算値を示す。また、図-2、図-3、図-4に統計値と計算値の両方の1990年の年齢別人口分布、計算値による2080年の年齢別人口分布を示す。なお、全人口の値は該当年月の国勢調査¹⁵⁾の値を用い、その他は宮城県統計年鑑¹⁶⁾の値を用いている。

表-6 各人口の統計値と計算値

	年	全人口	サービス業	小売業
統計値	1980	1140	211	9.6
	1990	1299	280	11.7
計算値	1990	1311	235	11.0
	2080	1615	369	13.3

単位：千人

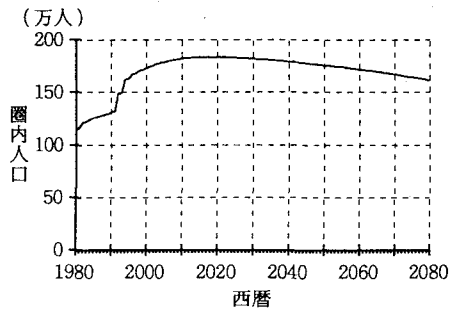


図-2 計算結果による圏内人口の推移

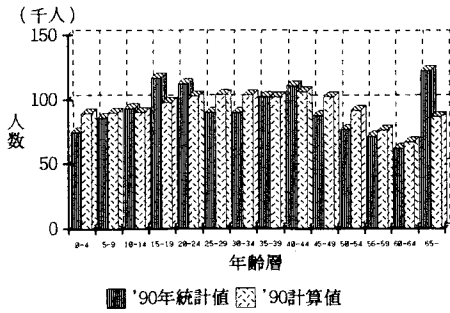


図-3 1990年の統計値と計算値の年齢別人口分布

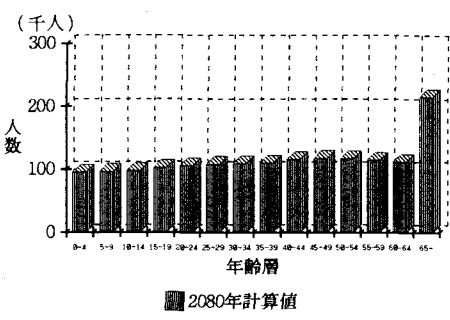


図-4 計算値による2080年の人口分布

1990年の計算結果より、人口に関してはある程度現状をトレースできたと考える。2080年の計算結果にしても常識の範囲内の結果になっており満足できるものである。

参考文献

- 1) J. W. FORRESTER: URBAN DYNAMICS, The MIT Press, 1964
- 2) 地域振興整備公団: 地方都市成長モデルの改良に関する調査, 1977
- 3) 朝倉康夫, 佐々木 綱: 大規模プロジェクトが周辺地域の産業活動に及ぼす影響の予測, 第18回日本都市計画学会学術研究発表会論文集, 1983
- 4) I. S. Lowry: A Model of Metropolis, the RAND Corporation, 1964
- 5) 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, 土木学会論文集, 第309号, pp. 103-112, 1981
- 6) 中村英夫, 林良嗣, 宮本和明: 広域都市圏土地利用交通分析システム, 土木学会論文集, 第335号, pp141-153, 1983
- 7) J. F. Brotchie et al: Urban Land-use and Transport Interaction, Avebury, 1988
- 8) 林良嗣, 富田安夫: マイクロシミュレーションとランダム効用モデルを応用した世帯のライフサイクル-住宅立地-人口属性構成予測モデル, 土木学会論文集, 第395号, pp85-94, 1988
- 9) 芝原靖典, 長澤光太郎, 水野博宣, 青山吉隆: 人口の社会移動を考慮した地域政策シミュレーションモデル, 土木計画学研究・論文集, No4, 1986
- 10) 宮本和明: ランダム効用および付け値分析に基づく土地利用モデルの札幌都市圏における適用, 土木計画学研究・講演集, No12, 1989
- 11) 青山吉隆, 近藤光男: 地域間効用差に基づく人口の社会移動モデルに関する研究, 土木計画学研究・論文集, No 10, 1992
- 12) (財) 宮城県企業振興協会: 宮城県の商圏 (県内消費購買動向調査), 1991
- 13) 総務庁統計局: 社会生活統計指標 1993/94, 1994
- 14) 福島県企画調整部統計調査課: 福島圏の人口
- 15) 総務庁統計局: 国勢調査報告
- 16) 宮城県: 宮城県統計年鑑