

IV-67

パネル分析手法を用いた都市の動的変動に関する分析

京都大学大学院 学生員 長沢圭介
京都大学工学部 正会員 藤井 聡
京都大学工学部 正会員 北村隆一

1. はじめに

現代都市は様々な都市問題を抱えている。計画者が都市問題を種々の政策によって解消するには、都市の構造やその変動の傾向を把握し、事前にその政策の効果を把握する必要がある。そこで、よりの確な政策評価のためには、総合的かつ動的に都市を記述し、将来予測が可能な都市モデルを構築する必要がある。代表的な都市モデルとしては線形都市モデル、トレンドモデル、均衡モデル等が挙げられるが、上記の目的を達成するには線形都市モデルが得策であろう。本研究では、詳細な地区変動が記述できるよう集計単位を500メートルメッシュとし、他の全てのメッシュとの連関を考慮したアクセシビリティ指標により地域間連関を考慮する。そして、都市における人口、床面積、土地面積、事業所数、従業者数等（以下これらを都市指標と呼ぶ）の変動を記述する。

2. 地域間連関を考慮した動的連立線形都市モデル

本研究で提案する地域間連関を考慮した動的連立線形都市モデルを式(1)に示す。これは時点 $t-P$ から t にかけてのパネルデータをを用いた一般形である。 i は説明都市指標（説明変数を与える都市指標の意、同様に被説明変数を与えるものを被説明都市指標と呼ぶ）の番号を、 j は方程式の番号を表すものとする。

$$Y_{jt} = a_{j0} + \sum_{p=0}^P \sum_{i=1}^n a_{ji,p} X_{it-p} + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^n b_{ji,p} \Delta X_{it-p} + \sum_{p=0}^P \sum_{i=1}^n \kappa_{ji,p} A_{it-p} + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^n \theta_{ji,p} \Delta A_{it-p} + \sum_{p=1}^P \sum_{i=1}^n \delta_{ji,p} Y_{it-p} + \varepsilon_{jt} \quad (j=1, 2, \dots) \quad (1)$$

ここに、 a_{j0} 、 a_{ji} 、 b_{ji} 、 κ_{ji} 、 θ_{ji} 、 δ_{ji} は未知パラメータ、 X_{it} は説明都市指標の t における水準、 ΔX_{it} は説明都市指標の t から $t+1$ にかけての増加量、 A_{it} はアクセシビリティ指標の t における水準、 ΔA_{it} はその t から $t+1$ にかけての増加量、 Y_{it} は被説明都市指標の t における水準、 ΔY_{it} はその t から $t+1$ にかけての増加量、 ε_{jt} は誤差項を表すものとする。このモデルでは、説明変数にアクセシビリティ指標を用いて地域間連関を、増加量を用いて動的変動を考慮している。

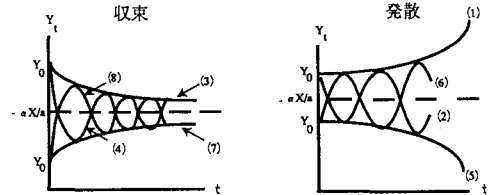
ここで、上記のモデルにおける、被説明都市指標の動的な変動に関して述べる。ここでは、簡略化のため、2断面モデル（式(2)に示す）に基づいて説明する。

$$\Delta Y_t = aY_{t-1} + \alpha X \quad (2)$$

ここに、 X は説明都市指標ベクトル、 α は X のパラメータである。ここで、 X が静的であると仮定した場合、 $\Delta Y_t = Y_t - Y_{t-1}$ より、 Y に関する暫定式を解くと、

$$Y_t = (a + 1)^t (Y_0 + \alpha X/a) - \alpha X/a \quad (4)$$

となる。このとき Y_t は a 、 α 、 X の値に応じて図1のように収束あるいは発散することとなる。ところが、 X は実際には変動しており、均衡点自体が動的に変化するため、 Y_t は複雑な曲線に従って変動することとなる。


図1 Y_t の挙動

- (1) $Y_0 > \alpha X/a$, $a > 0$
(3) $Y_0 > \alpha X/a$, $-1 < a < 0$
(5) $Y_0 < \alpha X/a$, $a > 0$
(7) $Y_0 < \alpha X/a$, $-1 < a < 0$
(2) $Y_0 > \alpha X/a$, $a < -2$
(4) $Y_0 > \alpha X/a$, $-2 < a < -1$
(6) $Y_0 < \alpha X/a$, $a < -2$
(8) $Y_0 < \alpha X/a$, $-2 < a < -1$ を満たすものとする。

3. 適用事例

(1) データの概要

大阪市における各種都市指標は国勢調査、事業所統計調査、土地利用調査、建物床面積調査より得られている。各調査において昭和40年、昭和50年、昭和60年の3時点について、表1の都市指標をモデル構築に用いた。また、同一の都市活動に対してそれを代表する複数の都市指標があるため、本研究では1つの都市活動を代表する複数の都市指標の組を「同カテゴリー」と呼び、表1のように分類した。

表1 都市指標と同カテゴリーの定義

同カテゴリー	土地利用調査	事業所統計調査	建物床面積調査	国勢調査
工業	工業	建設（所、従） 製造（所、従）	工場	建設製造就
業務	商業（業務）	金融保険（所、従） 不動産（所、従）	商業（事務所）	金融保険就 不動産就
サービス	文教厚生医療 商業（興業）	サービス（所、従）	商業（造興） 文教厚生	サービス就
販売	商業（販売）	卸小売り（所、従）	商業（店舗）	卸小売り就
運輸	運輸供給	運輸通信（所、従） 電気ガス（所、従）	運輸供給	運輸通信就 電気ガス就
官公庁	官公庁		官公署	公務就
住宅	住宅		住宅	総人口 就業者総数 世帯総数
その他	その他の施設	農林漁業（所、従） 鉱業（所、従）	その他	農林漁業就 鉱業就 分類不能就
	公園緑地 農地空き地その他	事業所総数 従業者総数		

(2) 定式化

本研究で構築するモデルシステムでは、同一の同カテゴリーに属する都市指標間の関係を示す「同カテゴリー方程式」、及び複数の同カテゴリー間の因果関係により定式化する「因果方程式」に分類される。本研究では以下の仮説を基本として因果方程式を定式化し

た。すなわち、各種産業の発展が雇用を生み、その就業者数、及び人口が変動する。そして人口の変動が各種サービス業の水準に影響を与え、サービス業従業者数の住宅需要が再び人口変動を引き起こす。以上より図2の様なモデルシステムを構築した。なお、被説明都市指標に関しては後に示す表2を参照されたい。

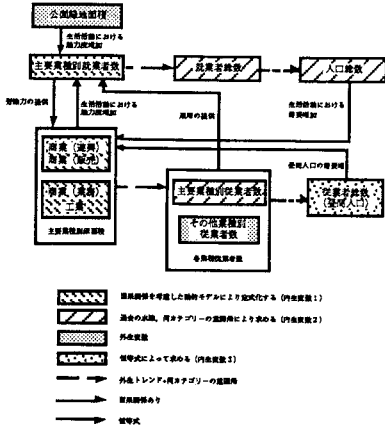


図2 モデルシステムの概要

次に本研究で構築する因果方程式の概念図を図3に示す。これは時点 t , $t+1$, 及び $t+2$ の3時点のデータを用いたモデルであり、被説明都市指標の t から $t+2$ の増加量 ΔY_{13} を被説明変数とし、説明都市指標の t の水準 X_t , t から $t+1$ の増加量 ΔX_{12} , $t+1$ から $t+2$ の増加量 ΔX_{23} , 及び被説明都市指標の t の水準 Y_t を説明変数とする。このモデルは重共線性の問題を回避すると共に、被説明都市指標の増加量の初期値を説明変数とする(初期値の情報は有力な規定項目である²⁾)。さらに、説明都市指標の増加量を表す変数が2つあるため、それぞれの影響の相違に関する分析が可能である。

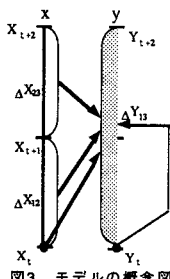


図3 モデルの概念図

(3) 推定結果

全方程式の決定係数、及び因果方程式については被説明都市指標の昭和40年の水準のパラメータ(括弧内はその t 値)を表2に、推定結果例として建設製造就業者数モデルの推定結果を表3に示す。全体を通して次のことが言える。まず、アクセシビリティ指標が多く方程式において有意であり、種々の都市指標の影響が空間的に伝播することが確認できた。同様に、過去の指標も大きな規定力を持つことが分かる。さらに、因果方程式では被説明都市指標に関する過去の水準は多くの方程式において有意であり、説明都市指標が静的であるという仮定のもとでは、商業(事務所)床面積モデル以外は、全て図1の(3)または(7)のパター

ンで収束すると考えられる(なお、同カテゴリ方程式では、過去の増加量を説明変数としているため、表2では過去の水準のパラメータを記載しなかった)。これより、被説明都市指標が説明都市指標ベクトルによって規定される潜在的な水準に、時間遅れを伴って漸近する様子を、本モデルでは表現可能なことが確認できた。なお、本来は説明都市指標ベクトルも変動するため、必ずしも図1のパターンで収束するとは言えない。商業(事務所)床面積モデルが発散するパターンとなったのはこれが原因と推測される。

表2 全方程式の決定係数

因果方程式(被説明変数は $s40$ から $s60$ にかけての増加量)

被説明都市指標	決定係数	過去の水準のパラメータ
建設製造就業者数	0.899	-0.598 (-27.5)
卸小売就業者数	0.737	-0.545 (-9.76)
運輸通信就業者数	0.691	-0.712 (-18.3)
金融業就業者数	0.469	-0.534 (-4.28)
サービス業就業者数	0.735	-0.45 (-9.04)

(2) 主要業種別床面積説明モデル

被説明都市指標	決定係数	過去の水準のパラメータ
商業(遊興)床面積	0.638	-0.115 (-0.885)
商業(店舗)床面積	0.947	-0.473 (-4.17)
商業(事務所)床面積	0.933	0.007 (-0.93)
工場床面積	0.723	-0.382 (-7.73)

同カテゴリ方程式(被説明変数は $s60$ における水準)

被説明都市指標	決定係数
人口総数	0.982
就業者総数	0.999
住宅土地利用地積	0.943

(2) 主要業種別従業者数説明モデル

被説明都市指標	決定係数
製造業従業者数	0.795
サービス業従業者数	0.809
卸小売事業所数	0.956
金融保険業従業者数	0.966
不動産従業者数	0.845

表3 建設製造就業者数モデルの推定結果

説明変数	年度	パラメータ	t 値
INTERCEPT		524	5.18
過去の水準			
建設製造就業者数	$s40$	-0.486	-13.0
雇用の提供			
*建設業従業者数	$s50 \sim s60$	8.59	3.13
*製造業従業者数	$s40 \sim s50$	-0.876	-0.956
*製造業従業者数	$s50 \sim s60$	8.35	4.10
住宅魅力度			
商業(遊興)床面積	$s40$	3.21	11.3
商業(遊興)床面積	$s40 \sim s50$	8.29	17.3
商業(遊興)床面積	$s50 \sim s60$	7.30	14.2
*商業(遊興)床面積	$s40$	2.91	2.02
*商業(遊興)床面積	$s40 \sim s50$	5.72	1.39
卸小売事業所数	$s40$	-0.411	-1.75
*公園緑地面積	$s40$	-0.930	-2.45
*公園緑地面積	$s50 \sim s60$	-5.61	-1.94
交通要因			
道路面積	$s40$	-0.313	-2.12
軌道敷面積	$s40$	0.986	1.87
軌道敷面積	$s40 \sim s50$	2.81	2.09
軌道敷面積	$s50 \sim s60$	1.84	1.83
排斥要因			
工場床面積	$s40$	-0.315	-1.81
地価	$s60$	-0.142	-1.19

注) 説明変数に*がついているのは、アクセシビリティ指標を示す

4. おわりに

本研究では、地域間連関、時系列的な因果関係を考慮するモデルを構築した。モデルの精度の向上を図るためには、1) 基本的仮説の再検討、2) 推定方法の再検討、3) 都市の飽和の程度の考慮、4) 容積率指定等の制約条件の導入、5) 各都市指標の背後に潜む「都市化の程度」等の潜在因子の考慮が必要であり、これらが今後の課題として挙げられる。

【参考文献】

- 長沢圭介, 藤井聡, 北村隆一: パネル分析手法を用いた都市変動モデルに関する研究, 平成6年度関西支部年次学術講演会・講演概要, 1994
- 太田正孝, 中川義美, 森本章倫: 東京中心部における建物床面積の予測モデルに関する研究, 土木計画学研究講演集No.12, pp651-658, 1989.