エッジ・シティー・モデルの島嶼地域への適用についての展望

琉球大学法文学部　**經濟研究**
第56号別刷　　平成10年9月

エッジ・シティー・モデルの島嶼地域への適用についての展望

大 城　　肇

エッジ・シティー・モデルの島嶼地域への適用についての展望

大城　　肇

1　はじめに

Krugman（1996）は、自己組織化モデル（Self-Organizing Model）がさまざまな経済現象にどのように応用できるかを示した複雑系経済学書のひとつである。同書では、限りなく複雑である「経済」を自己組織化システムの一つであると捉え、空間及び時間における自己組織化理論を展開している。ちなみに、自己組織化システムとは、「ランダム性とカオスが同時に予期せざる秩序へと発展していく複雑系」(1)である。

本小稿は、Krugman（1996）において展開されている空間における自己組織化モデルのうち、エッジ・シティー（たとえば商業地）が多極型都市圏の中でどのように創発（emergence）されるかを分析している「エッジ・シティー・モデル」（ECモデル）をサーベイし、同モデルの島嶼地域への適用可能性について検討することをねらいとする。主としてKrugman（1996）の第1章、第8章及び第10章が考察の対象となる。

エッジ・シティー・モデル（ECモデル）は非線形系であり、その本質を理解するためには、適当なモードに分解することが分析上は必要である。複雑系ないしはカオスをモード分解する上で、標準的に行われる手法はフーリエ変換であるから、それに必要な概念の整理から行っていくことにしよう。

2　周期関数とフーリエ変換

フーリエ変換は、不連続点を持つが任意の周期を持ち、区分的に連続である関数によって示される運動の解を、正弦波や余弦波の重ね合わせで表現することである。以下、フーリエ変換の一連の概念を整理する(2)。

実数区間（$-\infty$, ∞）で定義された関数$f(t)$を考える。任意のt($-\infty<$

$t<\infty$）に対してある$T>0$が存在して、

$$f(t)=f(t+nT)\quad(n=\pm1,\ \pm2,\ \cdots)\tag{1}$$

が成立するとき、$f(t)$を周期nTの周期関数という。また、$n=1$のときのTを基本周期という。たとえば、$f(t)=f(t+3)$は周期３の周期関数であるが、$f(t)=f(t+6)$も成り立つので、$f(t)$は周期６をもつ関数でもある。基本パターンのとり方によって、周期Tがちがった値をとりうるのである。また、$\sin nt$ 及び $\cos nt$ の周期は $(2/n)\pi$ であるから、$\sin t$ 及び $\cos t$ の周期は2πである。

Krugman（1996）のエッジ・シティー・モデルへ応用するため、$f(t)$を区分的に連続[3]な周期2πの周期関数とする。このとき、

$$a_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)\cos nt\,dt\qquad(n=0,1,2,\cdots)\tag{2}$$

$$b_n=\frac{1}{\pi}\int_{-\pi}^{\pi}f(t)\sin nt\,dt\qquad(n=1,2,3,\cdots)\tag{3}$$

がフーリエ係数である。a_n及びb_nを用いると、$f(t)$のフーリエ級数（展開）は次式で表される。

$$f(t)\sim\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\cos nt+b_n\sin nt)\tag{4}$$

フーリエ級数は、$f(t)$が連続な点では$f(t)$に収束し、連続でない点では不連続に離れている２点の中点に収束する。すなわち、周期2πをもつ関数$f(t)$とその導関数$f'(t)$がともに区分的に連続であるとすると、

$$\frac{a_0}{2}+\sum_{n=1}^{\infty}(a_n\cos nt+b_n\sin nt)=\begin{cases}f(t) & (f(t)\text{は}\ t\ \text{で連続})\\ \dfrac{1}{2}\{f(t-0)+f(t+0)\} & (f(t)\text{は}\ t\ \text{で不連続})\end{cases}\tag{5}$$

ただし、$f(t-0)$、$f(t+0)$はそれぞれtにおける左側極限値、右側極限値である。

3　エッジ・シティー・モデル

Krugman（1996）によれば、経済学（者）がこれまで無視してきた問題の一つは、空間における自己組織化の問題であるという。（同書p.9。訳書17～18頁参照。以下、煩雑さを避けるため、同書からの引用箇所及び参照箇所は訳書のみの頁を記すこととする。）なぜ都市が形成されるのか、なぜ都市は複数の中心をもつのか、なぜ商業地が形成されるのか、等々の疑問に適切に答えるためには、都市空間における自己組織化モデルによる分析が必要であり、その一つがエッジ・シティー・モデル（ECモデル）に他ならない。ECモデルは、「都市システム内部から生じる構造の創発に焦点をあて」（38頁）、「都市における企業立地に関する相互依存的な決定が、企業が空間的に分離されたクラスターとなっていくつかの立地に集中するような多極的構造へどうつながっていくのかを」（120頁）分析するためのモデルである。Krugman（1996）の分析目的は、このモデルを使って、「個別企業の相互依存的な立地決定がいかにして自己組織化をもたらすか」（159頁）を簡潔に描き出すことにある。

ECモデルを構築する際の簡単化のための仮定から整理しよう。

（A-1）一次元都市モデルであり、都市は環状に分布している。

（A-2）土地の希少性と地代については陽表的にモデル化しない。

（A-3）期待形成については考慮に入れない。

（A-4）外部経済が存在する。

（A-5）求心力は遠心力に比べ距離に応じて急速に低下する。

以上の仮定のもとで想定されるモデルは、以下のようなイメージで特性づけられる都市である。

①住民（消費者）と事業者（企業）は一次元の環状の同一線上に点在していて、移動はこの円周上に沿ってなされる。

②環状上に分布している住民は、労働の供給者であるとともに市場の需

要者として、経済活動を支えている。

③企業の立地は相互依存的であり、経済活動の立地としてのある地点の望ましさは、他の企業がどこに立地するかに依存している。

次に、いくつかの概念を整理しておこう。まず、ECモデルの基本構造は、経済主体の集中を促す力である求心力（集積力）と経済主体の分散を促す力である遠心力（拡散力）の緊張関係から多極型都市パターンを導出することから成っており、求心力と遠心力がモデルの基本概念となっている。複雑系の特性の一つは、「複雑なフィードバック・システムが驚くべき振る舞いをする」（５頁）ことにあるが、ポジティブ・フィードバック（求心力）とネガティブ・フィードバック（遠心力）のバランス関係から都市の自己組織化メカニズムが説明されるのが、このモデルの特長である。

この求心力と遠心力の概念を用いて、ECモデルの核心部を形成する市場ポテンシャル関数を定義するが、その前に距離を定義しておこう。環状上のある地点をxとし、任意の立地zとの距離Dxzを次式で定義する。

$$Dxz = |x - z| \geqq 0 \tag{6}$$

(6)式は、距離空間の公理を満たす。すなわち、①$Dxz \geqq 0$、$Dxz = 0 \Leftrightarrow x = z$、②$Dxz = Dzx$及び③任意の立地$y$に対して$Dxz \leqq Dxy + Dyz$が成立する。

ある立地xにおける望ましさを市場ポテンシャル関数（潜在的市場性関数）$P(x)$で表すことにする。求心力（集積力）をA、遠心力（拡散力）をBとする。さらに、任意の立地zにおける企業密度を$\lambda(z)$とおくと、

$$\lambda(z) = \begin{cases} n_i & (z = z_i) \\ 0 & (z \neq z_i) \end{cases} \tag{7}$$

ここで、$n_i \geqq 0$は企業数である。企業総数Nは、$N = \Sigma n_i$（一定）となる。

(6)式及び(7)式を考慮すると、立地xにおける$P(x)$は次式で表される。

$$\begin{aligned} P(x) &= \int_z \left(Ae^{-r_1 Dxz} - Be^{-r_2 Dxz}\right) \lambda(z) dz \\ &= \int_z \left(Ae^{-r_1 |x-z|} - Be^{-r_2 |x-z|}\right) \lambda(z) dz \end{aligned} \tag{8}$$

$P(x)$は連続密度関数である。(8)式のr_1とr_2は、それぞれ求心力Aと遠心力B

の効果が距離とともに低下していく割合を示すパラメータである。r_1とr_2に関しては、（A-5）より

$$r_1 > r_2 \tag{9}$$

ここでの経済主体（企業）の行動原理は、市場潜在力$P(x)$が平均以下の立地から平均以上の立地へ移動するというものである。そこで、(8)式を用いると、平均市場潜在力$\bar{P}(x)$は以下のように定義できる。$\bar{P}(x)$は立地xにおける平均的な望ましさを表している。

$$\bar{P}(x) = \int_x P(x)\,\lambda\,(\chi)\,dx \tag{10}$$

それぞれの立地における企業密度の動学的振る舞い（企業移動の動学）は、

$$\frac{\partial \lambda(x)}{\partial t} = \nu\ \{P(x) - \bar{P}(x)\} \tag{11}$$

ここで、動学方程式(11)式に関連して、本ECモデルの特性を前節のフーリエ級数展開で確認しておこう。それは、不連続関数で表される「不規則なゆらぎは、さまざまな周波数の規則的なシヌソイド曲線の和に分解できる」（125頁）という特性である。換言すると、「もし$\lambda(x)$を長さLの線に沿って起こるゆらぎであると考えると、周波数がゼロ（平均値λにおける水平線）の規則的なサイン曲線である$2\pi/L$、$4\pi/L$、$6\pi/L$等々に分解できるのである。」（125頁）。周期関数$f(x)$が奇関数、すなわち原点に対して点対称な$f(-t)=-f(t)$をみたすとき、この特性を示すことができる。

具体的には、次の周期関数$f(x)$のフーリエ級数を求める。

$$f(x)=t \qquad (-1 \leqq t < 1)$$

$f(t)$を奇関数とすると、

$$a_n = \frac{1}{L}\int_{-L}^{L} f(t)\cos\frac{n\pi}{L}t\ dt$$

周期は2となり、$2L=2$。ゆえに、$L=1$。したがって、a_nは

$$a_n = \int_{-1}^{1} t\ \cos n\pi t\ dt = 0 \qquad (n = 0,\ 1,\ 2,\ \cdots) \tag{12}$$

$$b_n = \frac{1}{L}\int_{-L}^{L} f(t)\sin\frac{n\pi}{L}t\ dt$$

$$= \int_{-1}^{1} t \sin n\pi t \, dt$$

$$= 2\int_{0}^{1} t \sin n\pi t \, dt$$

$$= 2 \left\{ \left[-\frac{1}{n\pi} t \cos n\pi t \right]_0^1 + \frac{1}{n\pi} \int_0^1 \cos n\pi t \, dt \right\}$$

$$= -\frac{2}{n\pi}(-1)^n = (-1)^{n+1}\frac{2}{n\pi} \qquad (n = 1,\ 2,\ 3\cdots) \tag{13}$$

したがって、$2L$のときの$f(t)$の一般形は以下のようになる。

$$f(t) \sim \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty}(a_n \cos\frac{2\pi}{L}t + b_n \sin\frac{2\pi}{L}t)$$

$$= \frac{a_0}{2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^{n+1}}{L} \sin n\pi t) \tag{14}$$

(14)式のはじめの数項を展開すると、$L = 1$のとき

$$f(t) \sim \frac{2}{\pi}(\sin \pi t - \frac{1}{2}\sin 2\pi t + \frac{1}{3}\sin 3\pi t - \cdots)$$

$L \neq 1$のとき

$$f(t) \sim \frac{2}{\pi}(\sin\frac{\pi}{L}t - \frac{1}{2}\sin\frac{2\pi}{L}t + \frac{1}{3}\sin\frac{3\pi}{L}t - \cdots) \tag{15}$$

(14)式と(15)式によって上述の$\lambda(x)$の特性が示された。

以上で、ECモデルの描写が終わった。最後に、ECモデルの動学的振る舞いをみてみよう。ECモデルは、tを時間変数とすると、基本的には

$$\lambda(x) = f(t, P(z)) \tag{16}$$

で表される。(16)式に(8)式～(11)式を考慮すると、$\lambda(x)$に関する偏微分方程式が得られる。ただし、$a=r_1|x-z|$、$b=r_2|x-z|$である。

$$\frac{\partial\lambda(x)}{\partial\pi} = \nu\int_{\infty}^{\infty}(Ae^{-a} - Be^{-b})(\lambda(z)-1)dz \tag{17}$$

(17)式において$\lambda'(x) = \lambda(x) - 1$とおくと、

$$\frac{\partial\lambda'(x)}{\partial\pi} = \nu\int_{\infty}^{\infty}(Ae^{-a} - Be^{-b})\lambda'(z)\,dz$$

$$= \nu\left[A\frac{r_1}{r_1+\phi_1} - B\frac{r_2}{r_2+\phi_2}\right]\lambda'(x)$$

となり、企業密度の周波数ϕの成長率g(ϕ)は

$$g(\phi) = \nu[\frac{A}{r_1}H_1 - \frac{B}{r_2}H_2] \tag{18}$$

ここで、

$$H_i = [1 - (-1)^{\phi} e^{-r_i \pi}] \frac{r_i^2}{r_i^2 + \phi_i} \tag{19}$$

(18)式と(19)式より、以下の命題が得られる。

《命題》

(i) $(\phi_1 \to \infty) \Rightarrow (g(\phi) \to 0)$

(ii) $(A/r_1 < B/r_2) \Rightarrow (g(\phi) > 0)$

(iii) $(\phi_1 \to 0) \Rightarrow (g(\phi) < 0)$

すなわち、「さまざまな周波数の変動はさまざまな成長率になり、（ある条件下で）中間の周波数をもつ変動が最も成長率が高い。」（126頁）のである。

4　島嶼地域への適応可能性

Krugman（1996）で定式化されたエッジ・シティー・モデル（ECモデル）の特長の一つは、モデルの中に収穫逓増や規模の経済等の条件を明示的に導入しなくても、それを明示化したモデルで生起するような集積が起こり得る自己組織化メカニズムが働くことを示している。モデルの構造をみると、ECモデルが集積をもたらす要因（収穫逓増や規模の経済等）を考慮しなくても集積メカニズムが働くことを可能ならしめた鍵は、フーリエ級数展開ができるモデルを想定したことに求められる。フーリエ級数展開は、想定している関数$f(x)$が周期関数であり、周期をもつ運動の解を正弦波や余弦波の重ね合わせで表現可能なことを意味する。そのことが、ややもするとECモデルを「オッカムの剃刀」に仕立てかねず、ECモデルの限界になりかねない。そのような特長を持つECモデルであるが、それを島嶼地域の分析に適用することによって、従来、外的要因に依存しがちな島嶼地域を自己組織化シス

テムとして捉える分析の途が開かれるならば、分析上もまた島嶼に対する認識や見方も大きく変わっていくことになろう。なお、非市場的要因が強く作用する島嶼空間の特性をふまえて、その適用については慎重を要するのはいうまでもない。

わが国の島嶼地域の構造特性をひと口で言うと、人口流出に起因する過疎問題を抱えた地域であるということである。国内ではハンディを負った後発地域として大都市圏地域とは対比される。若年層を中心とした人口が流出して、高齢化が進み、産業活動は停滞し、コミュニティも大きく変容してその維持存続さえ危ぶまれる地域が少なからず存在するのが、島嶼地域の現況である。

少なくとも国内の島嶼地域に限って言えば、ロックインしてしまった感のある過疎化メカニズムであるが、地域崩壊現象としての過疎化はいたって動学的現象であり、前節のECモデルに従うと、拡散化（非集積化）を促すネガティブ・フィードバックのメカニズムそのものに他ならない。換言すれば、島嶼地域の過疎化は、島嶼地域における潜在的市場性がきわめて小さく、したがって集積度ないし企業密度が低下して負のフィードバック効果が大きくなり、コミュニティの規模が縮小していくプロセスなのである。

では、島嶼地域の自己組織化メカニズムは、拡散化（過疎化ないしは非集積化）を促す方向でしか作用しないのであろうか。ECモデルでは求心力（A）が遠心力（B）より十分に大きいときには、これまで通りの大都市部への一極集積が促進されて、ますます島嶼地域の過疎化は悪化する。最悪の場合、その立地のコミュニティは崩壊することになりかねない。一方、BがAより十分に大きいとき、複数の集積地が形成されるが、その一部がたまたま島嶼地域であり得る可能性がわずかながら残されている。環海性をもつ島嶼地域ゆえに輸送コストが割高となり、その可能性すらきわめて小さいが、仮に島嶼地域において集積地の一つが形成されることになれば、そこは島嶼地域の拠点ハブ機能をもつ集積地となり得るであろう。

わが国の地域問題の根幹にある過疎化と過密化のメカニズムの解明のために、これまで多くの研究成果が蓄積されてきた。たとえば、伊藤（1969）の向都性向理論は客観的要因と主観的要因でもって、過疎化と過密化の相互関連のメカニズムの解明に一筋の光明を与えた。島嶼地域も自己組織化するシステムであると捉えると、そこには複雑なフィードバック・システムが作動する。その分析に当たっては、従来の地域研究で得られた種々の立地因子や集積要因等の内生化をはじめ、Krugman（1996）が空間における自己組織化メカニズムの分析に用いた他のモデル（中心地モデルやシェリングの分離モデル、サイモンの都市発展モデル等）の検討も併せて行う必要があろう。

過疎化によっていずれは衰退するであろうという宿命論的な認識をかなぐり捨て、希望をもって島嶼空間構造の創発を導く分析モデルを構築することが、島嶼地域の再生にとっての適切な処方箋を提示する前提であるといえよう。　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　　（1998.5.25.）

注

（1）Krugman（1996）p.vi（邦訳iii頁）。

（2）以下の議論は、石村（1996）をベースにして、篠崎・富山・若林（1983）及び洲之内（1977）を参考にまとめた。

（3）関数$f(t)$が次の二つの条件をみたすとき、$[0, \infty)$で「区分的に連続」であるという。石村(1996)34～35頁参照。

(i)$f(t)$は任意の有限区間(a,b)において、有限個の点を除いて連続。

(ii)任意の有限区間(a,b)内の任意の不連続点cにおいて、左側極限値と右側極限値がともに存在する。また、区間の端においてはそれぞれ右側極限値、左側極限値が存在する。

参考文献

Krugman, P., (1996) *The Self-Organizing Economy*, Blackwell Publishers.（北村行伸・妹尾美起訳『自己組織化の経済学』東洋経済新報社、1997年。）

Krugman, P., (1991) *Geography and Trade*, The MIT Press.（北村行伸・高橋亘・妹尾美起訳『脱「国境」の経済学』東洋経済新報社、1994年。）

金子邦彦・津田一郎，(1996)『複雑系のカオス的シナリオ』朝倉書店。

伊藤善市，(1969)『都市化時代の開発政策』春秋社。

石村園子，(1996)『すぐわかるフーリエ解析』東京図書。

篠崎寿夫・富山薫順・若林敏雄，(1983)『現代工学のための応用フーリエ解析』現代工学社。

洲之内源一郎，(1977)『フーリエ解析とその応用』サイエンス社。