【土木計画学研究・講演集　No.20(1)　1997年11月】

閾値モデルによる地域連携の成立条件の分析*
Analysis of Coalition by Threshold Model

島崎 敏一**
By Toshikazu Shimazaki**

1．はじめに

経済情勢の問題などから，現在のところ正式な策定時期は明らかではないが，新しい全国総合開発計画が検討されており，その中では，地域連携軸という考え方が導入されるようである．これまでにも，各地で地域連携の試みがあり，中には，成功している事例もあるが，全体的にいえば，その進展ははかばかしくない．どのような条件があれば，連携がうまくいくのかということを検討することは，今後，こうした政策を進めていく上で非常に重要となる．本論文は，地域連携が成立する条件，その連携の規模を参加者の個々の条件を考慮して，モデル化することを試みるものである．

2．地域連携の考え方

現在，地域連携と考えられるものは，国土庁の自治体に対するアンケート調査によれば，農林水産業，製造業，商業，福祉・医療，教育・研究，観光・レクリエーション，情報，環境，防災・安全，まちづくり[1]などの，各分野で行われている．その目的とするところは，大きく分類すれば，次の３つに分けて考えられる．

(a) 経済性の追求

図書館，美術館などの文化施設，清掃施設などのいわゆる迷惑施設などを共同で建設することにより，二重投資を避け，迷惑のおよぶ範囲を限定し，１つの施設の規模を拡大して効率性を高め，相互利用により利便性を高めるなどのために行われる連携．また，経済規模を拡大することによる経済の活性化を目的とすることもある．

(b) 環境保全

共同して問題に対処し，環境保全，自然保護，省資源などに努めるために行われる連携．

(c) セキュリティ確保

阪神大震災，日本海における重油流出事故の時に見られたように，地震，風水害などの非常時に共同して対策を取るために行われる連携．

このような目的のための連携が行われるためには，複数の当事者が連携することに合意する必要があり，または，既存の連携体に参加するという決定をしなければならない．その意味では，各当事者は連携に参加するかどうかという二者択一の決定をすることになる．

ある集団の中で，各個人があるものを採用するかどうかという問題は，社会学の分野で普及現象あるいは流行現象の分析として研究されてきた．ここでは，そのうちの閾値モデルに基づいて，連携は，どのような条件で成立し，発展するのかということを分析する．

3. 普及現象のモデル

（1）普及現象のモデルの概要

過去に提案されている普及現象のモデルには，大きく分けて，静的なある１時点での構造を記述する構造モデルと，動的な変化を記述する過程モデルとがある[2]．さらに，過程モデルについては，関係当事者を均質なものとみなす微分方程式モデルと各当事者の異質性を考慮した閾値モデルがあり，その概要は次のとおりである．

*キーワード：連携，閾値モデル
** 正会員 工博 日本大学理工学部土木工学科
(〒101 東京都千代田区神田駿河台 1-8 Tel:03-3259-0989)

（２）微分方程式モデル

微分方程式モデルは，当事者への影響が集団内部だけから与えられるのか，外部から与えられるかによって，次のようないくつかのタイプがある．

(a) ロジスティック型モデル

このモデルは，未採用者のなかから既採用者に比例した比率で新規採用者が生じると考えるモデルであり，次の(1)式の微分方程式であらわされる．これは，集団内部の情報によってのみ影響されると考えるモデルである．

$$\frac{dP}{dt} = kP(1-P) \tag{1}$$

ここで，P は採用者率，t は時間，k はパラメータであり，以下，同様である．

(b) 修正指数曲線モデル

集団の外部から情報が与えられ，影響を受けると考えるモデルであり，常に一定の確率で新規採用者が生じると考える．次の(2)式の微分方程式であらわされる．

$$\frac{dP}{dt} = k(1-P) \tag{2}$$

(c) ゴンペルツ曲線モデル

普及率の増大による普及の促進効果と時間経過による普及の阻害要素とで説明するモデルであり，次の(3)式の微分方程式であらわされる．この意味では，影響は内部と外部の双方から与えられることになる．

$$\frac{dP}{dt} = k \cdot b^t \cdot P \tag{3}$$

(d) Ｂａｓｓモデル

このモデルも情報は内部と外部の双方から与えられると考えるモデルであり，次の(4)式の微分方程式であらわされる．

$$\frac{dP}{dt} = k_1 P(1-P) + k_2(1-P) \tag{4}$$

（３）閾値モデル

微分方程式モデルが集団の構成員の同質性を仮定していたのに対して，M.Granovetter[3,4,5,6]によって提案された閾値モデルは，各個人の異質性を考慮したモデルである．さらに，微分方程式モデルの場合には，各個人は，他の既採用者全体の割合などにのみ影響されるが，閾値モデルの場合には，各個人は自分の閾値と全体の採用者との比較による効用を考慮して採用するかどうかを決定するという意味で各個人は合理的であると考えていることになる[7]．

閾値モデルが適合するケースは，(a) 各当事者の取り得る選択肢は２つであり，(b) その選択肢のコストと便益が他人の選択状況に依存している場合である．具体的には，暴動への参加，イノベーションの普及などである．このような場合に，次の３つの仮定を置いて，モデル化できる．

(a) 各個人はある選択肢を採用するかどうかの閾値を持っており，全体の採用率がこの閾値以上になった場合に採用する．

(b) 各個人の閾値は，集団全体である確率分布を持っている．

(c) 各個人の閾値は時間的に一定である．

簡単な場合についての数値例[8]を示せば，次のとおりである．

数値例１の場合には，初期状態で採用者が０の場合でも，閾値が０の人が１人いるので，その人が採用する．すると次に，閾値が１の人がまた１人いるので合計２人が採用することになる．以下，同様にして，５人全員が採用することになる．一方，数値例２の場合には，初期値が，４以下の場合には採用する人がいない．これを，図-１で考えれば，採用者の累積分布曲線が４５度の線と上から交わる場合には安定，下から交われば不安定な均衡点となる．

4．閾値モデルによる連携成立過程の分析

（１）閾値モデルによるモデル化

連携の成立過程をモデル化するにあたり，上述の閾値モデルが適用できるとする．仮定(c)については，長期間を考えれば必ずしも成立しないが，比較的短期間については，成立するであろう．他の仮定については，十分に仮定できると考えられる．

表-1　数値例

閾値		0	1	2	3	4	5
数値例1	人数	1	1	1	1	1	0
	累積値	1	2	3	4	5	5
数値例2	人数	0	0	1	1	1	2
	累積値	0	0	1	2	3	5

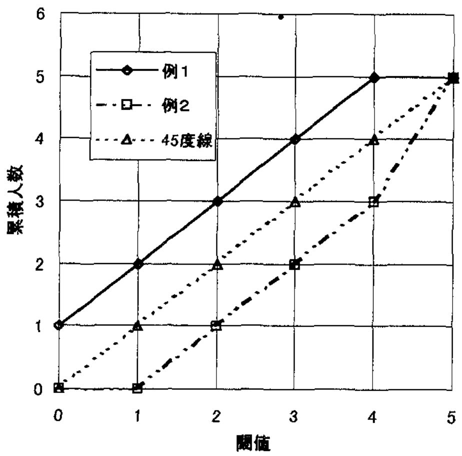

図-1　数値例の累積分布

ここでは，各個人の閾値の分布型によって，最小の安定な均衡点の分布がどのようになるかをモンテカルロ法により分析する.これにより，閾値分布の型による連携が安定的に成立する人数の分布が分かることになる．その検討にあたって，閾値分布については，累積密度関数が式（5）で表現されるようなものを考える．

$$f(x)=1-(1-x)^{\frac{s}{s+1}} \qquad (5)$$

ここで，パラメータｓによりその閾値の分布は連続的に変化する．ｓ＝１のときに０で最大，閾値の範囲の上限で０となるような直線分布となり，ｓが小さいほど閾値の小さな方の確率密度が大きくなり，ｓが無限大では一様分布となるような分布である．

モンテカルロ法の試行は，10000 回行うこととし，集団を構成する個人の数は，２から２０まで，分布の形を決めるパラメータｓは，0.5,1.0,2.0,3.0,4.0,10.0 とする．

（２）閾値分布の安定均衡点への影響

表-2　最小安定均衡点の数(n=20)

N	S=0.5	S=1.0	S=2.0	S=3.0	S=4.0	S=10
0	27	169	525	716	759	1189
1	9365	8173	6885	6195	5989	5290
2	83	277	360	384	385	379
3	11	80	156	182	190	187
4	3	43	97	124	122	112
5	1	19	58	72	87	96
6	0	8	36	65	54	75
7	0	4	25	30	49	63
8	0	3	22	37	35	36
9	0	0	15	19	21	31
10	0	0	9	16	28	26
11	0	0	10	21	24	26
12	0	1	6	16	21	21
13	0	0	10	13	14	23
14	0	1	2	12	13	28
15	0	0	3	7	8	21
16	0	0	3	7	10	20
17	0	0	4	4	6	14
18	0	0	3	5	10	19
19	0	0	0	8	5	23
20	0	0	0	0	0	0
計	9490	8778	8229	7933	7830	7679

表-2 は，集団を構成する人数が２０人の場合に，最小な安定均衡点が 10000 回の試行で何回生じたかをあらわしている．ここで，特徴的なことは，どのｓに対しても最小安定均衡点は，１となっていることである．このことは，一般には，１人が連携に参加した状態，すなわち連携が生じないのが普通であることを示している．ｓの値が大きくなる，すなわち一様分布に近づくと最小安定均衡点が１であるケースは減少してくるが，閾値が小さな値の人がたくさんいるよりも，いろいろな閾値を持った人がいる方が連携は起こりやすいことを意味する．なお，表の合計は，試行回数 10000 よりも少ないが，この差は累積密度関数が常に４５度線よりも上または下にある場合である．また，集団を構成する人数が２０人以下の場合も同様のことがいえる．

図２，３は，集団を構成する人数が２人から２０人の場合の最小安定均衡点の平均値と標準偏差を示したものである．これによれば，集団を構成する人数が増加するにつれて，最小安定

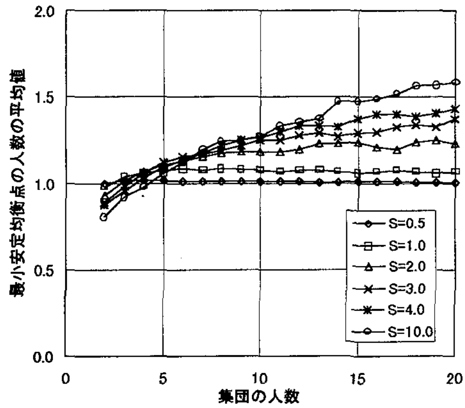

図-2 最小安定均衡点の平均値

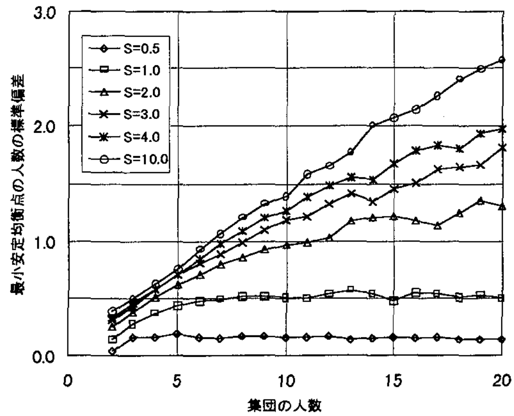

図-3 最小安定均衡点の標準偏差

均衡点の平均値は増加する．このことは，連携した集団の構成員の数が多くなるということであるが，連携が生じるとすればその構成員の数が多いということであり，必ずしも連携が生じやすいということを意味しているものではない．標準偏差についても集団を構成する人数が多いほど大きくなるが，これは，人数が増えるほど多人数による連携が生じる可能性があるということを示している．平均についても標準偏差についても，集団を構成する人数が増加するにつれて，ある値に漸近する傾向を持っており，人数が増えても，連携に参加する人数はそれ程増えない．

5. 結論と今後の課題

地域連携の進展を，閾値モデルを適用して分析した．その結果，連携に参加する人数の最小安定均衡点はかなり小さいことが判明した．このことは，何もしないで自然に任せておいた場合には，連携が成立する可能性はかなり低いことを示している．よく言われるように，連携を推進するには，非常に熱心なコアになる人が必要であることを示唆している．

今後，実態との比較を行うとともに，いわゆる始動戦略の可能性などについても分析する必要がある．

参考文献

1) 田中栄治，地域連携の技法，今井書店，平成８年４月
2) 石井健一，微分方程式型モデルによる普及現象の分析，行動計量学, Vol.12, No.1, 1984, pp.11-19.
3) Mark Granovetter and Roland Soong, Threshold Models of Diffusion and Collective Behavior, J. of Mathematical Sociology, 1983, Vol.9, pp.165-179.
4) Mark Granovetter, Threshold Models of Collective Behavior, American Journal of Sociology, 1978, Vol.83, pp.1420-1443.
5) Mark Granovetter and Roland Soong, Threshold Models of Interpersonal Effects in Consumer Demand, J. of Economic Behavior and Organization, 1986, Vol.7, pp.83-99
6) Mark Granovetter and Roland Soong, Threshold Models of Diversity: Chinese Restaurants, Residential Segregation, and the Spiral of Silence, Sociological Methodology, 1988, pp.69-104.
7) 石井健一，世論過程の閾値モデル，理論と方法, 1987, Vol.2, No.1, pp.15-28
8) 石井健一，情報機器の普及モデル，高度情報社会のコミュニケーション,東京大学出版会, pp.72-86.