

# 格子確率モデルによる集団信頼の相転移

平野 茂実

## 目次

1. 問題の所在
2. 「安心社会」と「信頼社会」
3. 集団および信頼の定義
4. 空間モデルと分析手法
5. 2次元格子確率モデルと信頼関係のシミュレーション
6. 集団信頼のパーコレーションモデル
7. 結び

## 1. 問題の所在

人間の集団において、個々のメンバー同士の信頼という行為が、集団全体にどのような影響を与えるかを考えてみたい。そのために、集団とは何かを定義するところ始めよう。集団とは、「複数行為者のあいだの相互行為や相互関係に規則性と持続性が見られ、彼らのあいだにある程度共通の志向が分有されている集合をさし、組織的集団のほか群集・公衆などの非組織的集団を含む。」と定義されている<sup>1)</sup>。集団を構成するメンバーの間に最も頻繁に観察される相互関係は、「協力」であろう。人間が集団を形成する理由は、個人では達成できない目標を、複数の人間同士で協力し合って成し遂げるためである。たとえ非組織的な集団であっても、共通の志向がそこに存在すれば、人間は協力し合う可能性が高い。協力するという行為は、人の集まりを「集団」たらしめている要素であると言えよう。どんなに微小であれ、協力が一切存在しない集団があるとすれば、それは単なる「人の集合」と呼ぶべきものである。

では、人が他人と協力し合うために必要となるものは「共通の志向」だけだろうか。人は、たとえ身近な人間であっても、他人の心の中を見通すことはできない。従って、「相手も自分を助けてくれるだろう」という推測のもとに互いに協力し合うことになる。この推測を別の言葉で表わすならば、相手を信頼するということである。つまり、他人と協力し合うためには「共通の志向」だけでは不十分であり、その人間を信頼することが必要になる。例えば人を雇って何かをしてもらうという行為は、支払った金額以上の利益をその人がもたらすであろうと信じることである。人間が協力し合うという行為は、信頼に基づいているのである。

信頼の概念は、心理学や社会学、経済学等において様々に定義され、使用されている。特に、人間の心のあり方としての信頼は、心理学を中心に膨大な研究がある。しかし、集団としての信頼に関する研究は、あまり多くはない。その中で、最も包括的な研究と思われるのが山岸(1998)である。ここでは山岸の議論に基づいて、集団としての信頼、いわば「マクロな信頼」を考察することにする。具体的な目標として、

1) 『社会学小辞典』新版増補版 2005 有斐閣。

- (1) 集団としての信頼とはどのようなものか、また集団が異なることによる違いは何か
- (2) 集団を構成する人間同士の信頼の変化が、集団全体の振る舞いにどのような影響を与えるのかを明らかにすることである。また、議論を進めるにあたっては、数学的な手法（確率モデル）を使う。その理由は、議論が曖昧になるのを避けることと、シミュレーションを行ってみることで思考実験を補強するためである。

## 2. 「安心社会」と「信頼社会」

山岸（1998）によれば、信頼には2つのタイプがあるという<sup>2)</sup>。ひとつは、閉鎖的な集団の内部に生じる信頼で、これを一般的な信頼と区別して「安心」と呼ぶ。「安心」は、集団内部の構成員間にコミットメント関係がある場合に生じる。コミットメント関係とは、限られた構成員同士の継続的な付き合いのことである。例えば、マフィアや暴力団の内部では、構成員間に強いコミットメント関係があることは容易に想像がつく。そうした集団の内部では、もし裏切り行為を行えばひどい制裁が待っているということ、構成員は十分知っている。また、江戸時代の村落社会のように、村人同士が生涯を通じて生活上の関わりを持ち続ける集団も同様である。ほとんどの村落社会には「村八分」という強力なペナルティ・システムがあるので、村人はよほどのことが無い限り他の村人を騙すという行為はしないであろう。このように、閉鎖的な集団の内部には、「相手が自分を騙すことはないだろうという期待」が常に存在する。この「期待」を一般的な意味での信頼と区別して「安心」と呼ぶ。閉鎖的な組織の中では、「安心」があるおかげで、人を信頼する能力が育たない。付き合い相手が信頼に値するかどうかを、わざわざ調べる必要がないからである。従って「安心社会」<sup>3)</sup>の住民は、他人を信頼する能力が劣る「低信頼型の人間」である。

しかし、閉鎖的な社会の外には広い世界が広がっており、そこにはリスクもあるが大きな利益を得るチャンスも存在している。「安心社会」に留まっている限りは、儲けるチャンスをみすみす逃してしまう（機会損失が生じる）。鎖国を続けている国の住人は、海外にある富を手にするできないのと同じことである。「安心社会」の住民が、そうしたチャンスを逃さないためには、コミットメント関係のない「見知らぬ相手」であっても信頼して付き合いを行かなければならない。ところが、開かれた社会（閉鎖的な社会の外側）では、その人間が本当に信頼できるかどうかははっきりしない。「見知らぬ相手」が、自分を騙す可能性は大いにある。開かれた社会とは、信頼することについて不確実性というリスクを伴う社会である。これを「安心社会」との対比で「信頼社会」と呼ぶ。「信頼社会」では、人は努力して相手に関するあらゆる情報を集め、分析する必要がある。その結果、「相手は自分を騙す可能性もあるが、騙さないだろうという期待」が生まれるならば、それが真の信頼（一般的信頼）である。

つまり「信頼社会」では、情報に対して敏感で、他人を見極める能力を持った「社会的知性の高い」人間こそが最も成功するのである。山岸は、現代の日本は集団主義的な「安心社会」であるが、コミットメント関係の拡大で対処できるレベルを越えた「安心の崩壊」に直面しているという。これに対処するには、社会的知性に支えられた「信頼」によって、人々を既存のコミットメント関係から解放する必要があると主張する<sup>4)</sup>。

では、集団をモデル化する際に、山岸理論による「安心」と「信頼」の違いをどのように表現すればよいのだろうか。マフィアや暴力団のように、極めて閉鎖性の高い集団を例にとれば「安心」と「信頼」を区

2) 山岸（1998）は信頼を、「相手の能力に対する期待としての信頼」と「相手の意図に対する期待としての信頼」に分けているが、ここでは後者の信頼のみを対象とする。

3) 本稿では、「安心集団」と同じ意味で使うことにする。あえて「社会」と言うのは、山岸の議論を念頭に置いておくためである。同様に「信頼社会」はコミットメント関係に縛られない、一般的信頼を付き合いの基礎に置く集団、という意味である。

4) 「信頼の『解放』理論」と名付けられている。参考文献（山岸1998、第3章）

別することは容易である。閉鎖的な集団の内部と外部の間に、つながりを生じさせないような仕組み与えるだけでよい。

しかし、この考え方には大きな問題がある。現実の社会においては、マフィアやカルト的な宗教団体のような極端な「安心社会」はそれほど多くはない。たとえ暴力団にしても、閉鎖性が100%ということはないはずである。一方、コミットメント関係が全く存在しない、純粋な「信頼社会」というのも非現実的である。世の中の大多数の集団は、構成員をある程度拘束し、同時にある程度自由に行っている。つまり、集団としての信頼の度合いを考えるにあたっては、「どちらかと言えば安心型」、「かなりの信頼型」といった「程度の問題」が存在しているということである。集団をモデル化する際には、この点を考慮に入れておく必要がある。

### 3. 集団および信頼の定義

どのような集団であれ、信頼には「程度」の問題がある。その理由は、集団の規模が大きくなればなるほど、「信頼」と「安心」の両要素が混在する可能性は増してくると考えられるからである。「安心社会」においても、集団の構成員の数が多くなってくれば、生活の全てをコミットメント関係で縛り付けることは難しくなってくる。外部からの情報によって刺激を受け、コミットメント関係から離脱しようとする動きも出てくるだろう。一方、「信頼社会」であっても、特定の人間が集まって安心集団を形成する可能性はある（どんなに自由な国にも、カルト的な宗教団体は存在する）。

集団における「信頼の程度」をモデル化するにあたっては、「安心」のベースとなっているコミットメント関係をパラメータとして扱うことはしない。なぜならば、「信頼」と「安心」は光と影のような関係だからである。例えば、かつての村落社会には「村八分」というコミットメント関係があった。しかし、それは近代化に伴い外部からよそ者が入ってくることによって、概ね崩壊していった。「安心」が減った分、集団内には一般的な意味での「信頼」が増殖していったわけである。従って、「安心」を表現する際にも、「信頼」のみをパラメータとすることで十分と考えるからである。

さて、集団内部における「信頼の程度」が、その集団の性質を決定しているとしよう。それを数量的に表現できれば、その値によって集団としての性質を、すなわちその集団が「安心社会」型なのか「信頼社会」型なのかを明らかにすることが可能になる。「信頼の程度」は、個々の構成員同士の信頼関係を何らかのかたちで集団レベルに反映したものである。構成員同士の信頼というマイクロレベルの挙動が、集団全体にどのように影響を与えるかを考える必要がある。いわゆるマイクロ・マクロ・リンクの問題であるが、ここでは「信頼の程度」に関わる論点をシンプルに表現するために、集団モデルを以下のように単純化して考える。

モデルとなる集団 (S) を  $n$  人の構成員で構成される集合とする。

$$S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}, \quad 0 < n \leq \infty, n \in \mathbb{Z} \quad (\mathbb{Z} \text{ は整数})$$

集団の構成員の数に制限を設けていない ( $n \leq \infty$ ) 理由は、モデルの適応範囲を狭めてしまうことを避けるためである。また、構成員が1人だけの集団も存在するが、0人の集団は存在しないものとする。

次に、「集団としての信頼」を数値で表現するにあたって、構成員間に生じる信頼を以下のように定義する。

- (1) 構成員間の信頼は、「存在する」か「存在しない」かの2つのうちのどちらかである。その中間の状態（例えば50%信頼している等）はない。
- (2) 構成員間の信頼は、「対称性」を持つ。信頼には方向性がなく、互恵的なものである。例えば、構成員AとBとが信頼関係にあるとき、AはBを、BはAを必ず信頼している。
- (3) 構成員間の信頼は推移性を持つ。AとBが信頼関係にあり、BとCが信頼関係にあるとき、Aと

Cとは必ず信頼関係にある。

上記の条件は、ある集団  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$  の構成員間に生じる信頼関係を ( $t$ ) とすると、

- $(s_i t s_j)$  : 信頼の存在
- $(s_i t s_j) \Leftrightarrow (s_j t s_i)$  : 信頼の対称性
- $(s_i t s_j) \wedge (s_j t s_k) \Rightarrow (s_i t s_k)$  : 信頼の推移性

と表現できる。

#### 4. 空間モデルと分析手法

次に、集団および構成員が存在する空間と、その構造を定義する。

すべての集団および構成員は、 $Z^d$  格子空間上に存在するものとする。 $Z^d$  格子空間とは、無限の大きさをもつ  $d$  次元の超立方格子である。ここでは、格子空間を  $Z^2$  (2次元格子空間または正方格子空間ともいう) とする。2次元格子空間は、碁盤のような構造をした無限の広がりを持つ空間である (図1)。それは、集団や人間が住む「世界」と考えても良い。格子と格子との交点にある部分 (●) をサイト (site)、サイトをつなぐ格子の線をボンド (bond) と呼ぶ<sup>5)</sup>。ここでは、サイトは人間 (構成員) を、ボンドはその関係を表している。

集団は、複数のサイトの集合である。集団内部は、構成員によって稠密であることが求められる。ここでは、中心となるサイトを原点とした (稠密な) 集合であるとする。集団においては、外周部分に位置するサイトを除いて、1つのサイト (構成員) に対し4つのボンドがある。つまり、この世界では1人の人間は近隣にいる4人の人間と信頼関係を結ぶことができる。構成員同士の信頼関係 ( $t$ ) は、図ではボンドを太線にすることによって表現する。太線になったボンドを、オープンボンドと呼ぶ。つまりオープンボンドは、2者 (2つのサイト) の信頼関係 ( $t$ ) そのものを表している。また、オープンボンドではない (信頼関係のない) ボンドをクローズボンドと呼び、細線で表す。

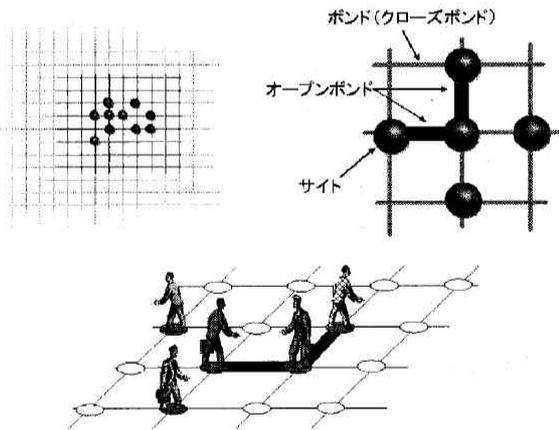


図1

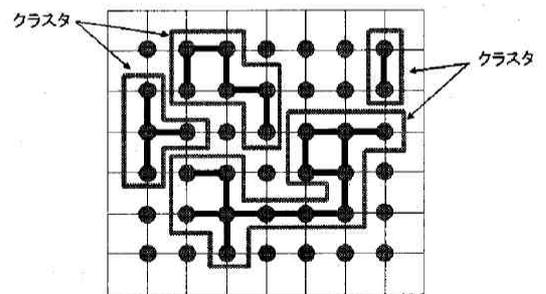


図2

そして、信頼関係 (オープンボンド) でつながれた要素の集合を「クラスタ (C)」と呼ぶ (図2)。また、Cを構成する全てのオープンボンドの数を、 $|C|$ で表す。 $|C|$ のとり得る値は、

$$0 < |C| \leq \infty, |C| \in Z$$

である。最小クラスタは1つのサイトと0個のオープンボンドから出来ている ( $|C| = 0$ )。また、 $|C|$

5) サイト (site) を「ヴァーテックス (vertex), 頂点」、ボンド (bond) を「エッジ (edge)」と表現する場合もある。

$=\infty$ のときは特に、 $C$ は「無限クラスター ( $C_\infty$ )」であるという。

クラスター ( $C$ ) の中では、信頼関係 ( $t$ ) の対称性および推移性の定義により、構成員同士はすべて水平的で方向性のない信頼関係によってつながっている。これは、集団の中に生じた、コミットメント関係に基づかない「信頼グループ」のようなものである。

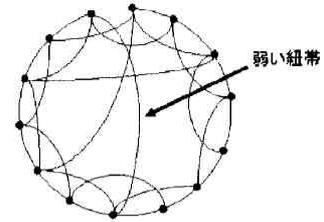
ここで集団や個人を扱うにあたって、「世界」を2次元格子空間とする理由を述べておこう。我々の住んでいる現実の世界を格子空間モデルとするならば、それは $Z^3$ 空間すなわち3次元格子(立方格子)空間である。では、空間モデルも3次元とするべきだろうか。この問いに対しては、「2次元で十分である」と答えたい。なぜなら、我々の日々の生活やビジネスなどの「人と人とのつながり」をイメージに描くとすれば、ほとんどの場合2次元で事足りるからである<sup>6)</sup>。実際、人脈から始まってインターネットに至るまで、我々が日常的に触れているネットワークは2次元(図面や絵)で表現されている。3次元空間に住む我々が、信頼という人間同士の関係を抽象化して考えるとき、次元を1つ下げた状態でモデル化することは全く自然であるといえよう。

また、格子モデルを採用する理由は、ひとつには、後に述べる確率モデルを使用するためなのだが、他に「信頼」を上手く表現できるモデルが見当たらないからである。

強いて有力な他の候補を挙げるとするならば、Duncan J. WattsとSteven H. Strogatzによるスモールワールドネットワーク(Small World Network)であろう。これは、現在、あらゆるネットワーク構造を持つ事象を分析する際に、最も頻繁に使われるモデルである。スモールワールドネットワーク(以下SWNと呼ぶ<sup>7)</sup>)はグラフ理論をベースにした、単純でありながら複雑なネットワーク構造を上手く説明できるモデルである(図3)。図の黒い点は人を、点同士を結ぶ曲線は関係を表している。隣同士の線の結びつきは、近接するコミュニティという現実世界のネットワークである。それは、家族や親友、同じ職場の仲間のような「強い紐帯」を意味している。また、ところどころ、遠くの点(人)と繋がる「ショートカット」が存在している。このショートカットは「弱い紐帯」(weak tie)<sup>8)</sup>と呼ばれ、SWNの大きな特徴となっている。弱い紐帯とは、具体例としてインターネットを想像してもらえばよい。それは、強いネットワーク同士をつなげる「ブリッジ」として働き、情報を広く伝播させる力を持つ。個人の立場(黒い点)から見ると、強い紐帯と弱い紐帯とが重層的ネットワークを構成し、集団全体の対人関係を表している。このように、SWNは現代の人間関係をネットワークで記述するのに大変適していることが分かる。

しかしSWNは、集団としての信頼を扱おうとすると、途端にその弱点をあらわにしてしまう。例えば「インターネット上の信頼」を考えるときに、セキュリティとの関連は切り離すことができない。我々がネット上のショッピング・モールで買い物をし、ネットを利用してクレジットカードで代金を支払うのは、相手を信頼していると同時に、セキュリティによって守られたシステムを信頼しているからである<sup>9)</sup>。しかもインターネットは、ジャンクメールやフィッシング、ネット詐欺などの「不信」の進入経路でもある。従って、弱い紐帯を単純に「信頼関係」として定義することはできない。SWNの特徴である弱い紐帯は、信頼を扱う上では、かえって邪魔になってしまうのである。

Small World Network



D.J.Watts 『Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness』を参考に作成

図3

6) それは人間が重力のおかげで地球の表面に張り付いて暮らしているせいかもしれない。

7) 発案者にちなんで Strogatz & Watts Network の略と解釈しても良い。

8) 1973年に米国の社会学者 Mark Granovetter が『strength of weak ties』という論文で示した仮説。

9) これは「能力に対する信頼」であり、「意図に対する信頼」と区別されるべきものである。

5. 2次元格子確率モデルと信頼関係のシミュレーション

2次元格子空間モデルは、Excelを使えば簡単に作ることができる。(図4)は、Excelのワークシート上に作られた2次元格子空間である。前述の(図2)と異なるのは、ボンドを表現する格子の線の代わりに、数値を記入したセルを置いた点である。◎は中心となるサイトで、原点と呼ぶ。この「ボンドセル」の中の数値は、ExcelのRAND関数(乱数を返す関数)を使って表示させた、0から99までの数値である<sup>10)</sup>。ここで、ボンドセルの値が与えられた閾値よりも小さければ、そのセルを塗りつぶすことにする<sup>11)</sup>。

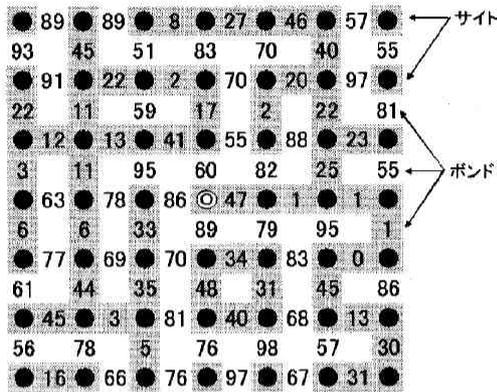


図4

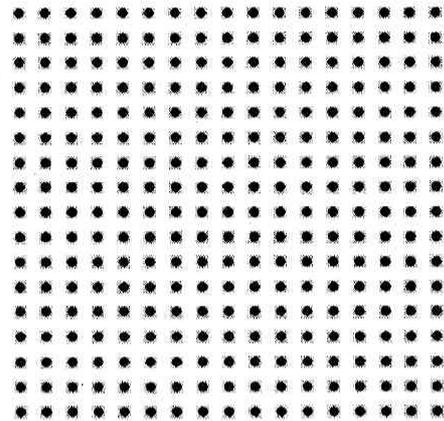


図5

$P_t=0$

例えば閾値を50とすれば、0~49までの値を表示しているセルは塗りつぶされることになる。S内のボンドとなっているセルの値は0~99の100個の値をランダムにとるので、この場合、Sの中のボンドのほぼ50%が塗りつぶされる。従って、Sの内部の任意の2者間に0.5の確率で信頼が発生したことになる。つまり、この確率が集団(S)の「信頼の程度」ということになる。この確率を「信頼度確率( $P_t: 0 \leq P_t \leq 1$ )」と名付けておく。以下に、 $P_t$ を変化させるシミュレーションをおこなう。

(図5)は、 $17 \times 17 = 289$ 人のメンバーから成るある集団(S)である<sup>12)</sup>。この状態では $P_t=0$ なので、Sの内部にはオープンボンド(塗りつぶされた数字のセル)は1つもない。つまり、一切信頼関係が存在

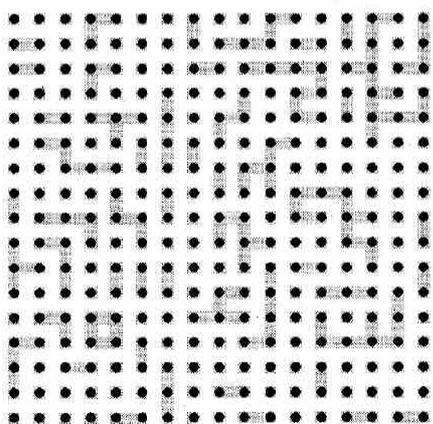


図6

$P_t=0.25$

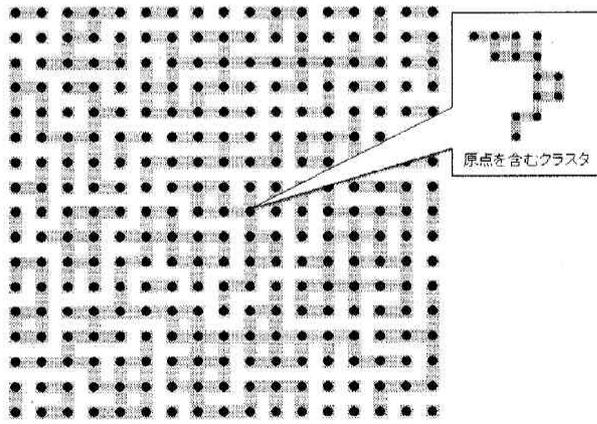


図7

$P_t=0.5$

10) 関数式は (=RANDBETWEEN(0,99))

11) 条件付書式設定で塗りつぶしを行なった。

12) 本来ならば、もっと大きな集団でシミュレーションを行うべきだが、ExcelとPCの限界もあり断念した。

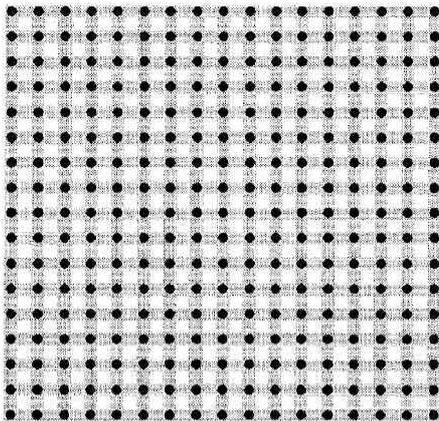


図8

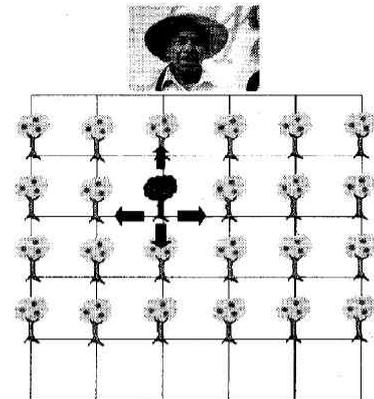
 $P_t=1.0$ 

図9

していない状態である。それは、コミットメント関係だけで成立している極端な「安心社会」であるといえる。

(図6)は、 $P_t=0.25$ 、すなわちボンドの数値が25よりも小さいときに、オープンボンド化(セルの塗りつぶし)を実行したものである。 $P_t=0.25$ では、集団内にはいくつかのクラスタが切れ切れに存在していることが分かる。このクラスタは、「安心社会」の中にできた、いくつかの信頼グループである。

次に、「信頼の程度」を上げて $P_t=0.5$ にしてみよう(図7)。信頼関係が50%の確率で存在している状態である。個々のクラスタのサイズ(構成員の数)はさらに大きくなっている。原点を含むクラスタは14のサイト(14人の構成員)をつなぎ、その形状も複雑になっている。

このように、徐々に確率を上げて行くに従って、クラスタのサイズはどんどん大きくなり、同時にその数は減ってゆく。当然ながら、 $P_t=1.0$ のときには、全てのボンドがオープンボンドになり、集団全体が1つにつながったクラスタになる(図8)。この集団は完全な「信頼社会」である。

では、集団内においてどの程度の信頼関係が生じれば、「安心社会」から「信頼社会」へと変化したと言えるのだろうか。それを考察するために、次に説明するパーコレーション(percolation)モデルを使う。

パーコレーションとは「浸透」を意味する言葉である。ドリップ式器具でコーヒーを抽出するときや、スポンジに水をしみこませるときのように、何かが浸み込んで広がってゆく様子を確率モデルにしたものである。パーコレーションは、様々な自然現用や物理現象を扱うことができる確率モデルとして知られている。例えば、果樹園内の木から木へ病気が感染してゆく様子や、星雲が誕生するときのシミュレーションに至るまで、応用範囲は大変広い。このように幅広い分野で使われている理由は、構成要素レベルの確率の値を操作するだけで、全体を見たときに非連続で急激な変化を生じさせることができる点にある。果樹園の例で言えば、格子状に植えられている木の1本が病気になったときに、隣接する4本の木へ感染する(病気が浸透する)確率を少しずつ変えてみることで、病気が果樹園全体に広がってしまうか、あるいは局所的な被害で終息するかを考察することができる(図9)。このとき、感染する確率を単調に増加させてゆくと、ある数値を超えたところで果樹園全体が壊滅してしまう確率が急激に高くなる。果樹園のオーナーは、その結果に基づいて、木を植える間隔を決めることになる<sup>13)</sup>。パーコレーションは、確率を使ってこうした浸透現象を解明する手法である。

物質の構造や性質が急激に変化することを相転移<sup>14)</sup>というが、果樹園の例ももし、病気で木が全滅し

13) 木と木の間を広くとれば病気が伝染する確率は減る。病気は治療するという前提で考えれば、果樹園における病気は終息に向う。しかし、果樹園の中に植えることができる木の本数が少なるので、収穫量が少なくなってしまう。

てしまったら一種の相転移（終息相から全滅相へ）が起こったと考えることができる。人間の集団も、構成員間の（ミクロな）信頼関係の浸透に伴って、「安心社会」から「信頼社会」へと相転移するとしてみよう。そのときに問題になるのは、集団内にどのような「事態」が生じたときに「相転移が起こった」と言えるのかという判断である。その「事態」を明確に定義しておくことによって、相転移と信頼度確率 ( $P_t$ ) との対応関係が考察できる。

### 6. 集団信頼のパーコレーションモデル

2次元格子空間上に存在する集団 (S) が、「安心社会」から「信頼社会」へと相転移したと判断できる「事態」は、以下の条件を満たしている場合である。

(1) Sの外周上に存在する1つ以上のサイトと、Sの原点となっているサイトをつなげるクラスタが1つ以上存在している

(2) Sの構成員の数が無限になっても、上記(1)が成立している

上記は、S内にSの最深部（原点）を含んだ無限クラスタ ( $C_\infty$ ) が1つ以上現れたときである。言い換えれば、集団のサイズがどんなに大きくても、集団の外と接触するサイト（外周上のサイト）が集団の中心に至るまでオープンボンドでつながれていることを意味する。

2次元格子 ( $Z^2$ ) 上に、無限のサイト（構成員）を持つ集団 (S) を使って、このことを定式化してみよう。原点を含んだCが無限クラスタ ( $C_\infty$ ) であること、すなわちクラスタを構成するオープンボンドの数が無限であるということは、Sの最深部まで「信頼」が浸透している（パーコレーションが生じている）ことである。この場合、Sは信頼に関して開かれた集団、すなわち「信頼社会」ということができる。原点を含むCがもし無限クラスタでなければ、Sの外部からSの内部へ「信頼関係」が繋がらない（浸透できない）。この場合、Sは外部に対して開かれた集団とは言えず、「安心社会」であるということになる。

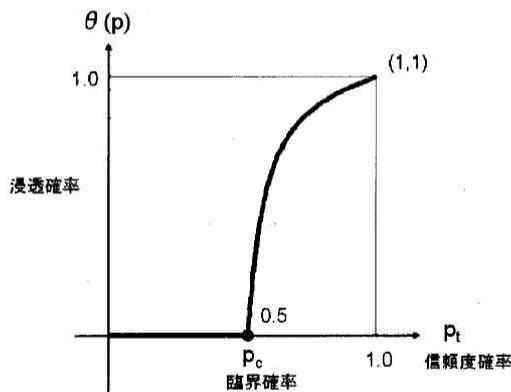


図10

る。

では、どんなときにCが無限クラスタになるのだろうか。

Cが無限クラスタになる確率を  $\theta(p)$  とし、それを浸透確率と呼ぶ。浸透確率は以下のように定義される。

$$\theta(p) = P(|C| = \infty)$$

$\theta(p)$  は、信頼関係 ( $t$ ) が生じる確率  $p(0 \leq p \leq 1)$  の関数である。 $\theta(p) = 0$  ならば、明らかに無限クラスタは存在せず（つまりパーコレーションは起こらず）、Sは「安心社会」である。一方、 $\theta(p) = 1$  のときは、100%パーコレーションが起こっているため、Sは集団のサイズが無限大であったとしても「信頼社会」である。

また、 $\theta(p)$  は単調増加関数である。すなわち、 $p_1 \leq p_2$  ならば、 $\theta(p_1) \leq \theta(p_2)$  である<sup>15)</sup>。このことから、 $p$  を0から徐々に大きくしていったときに、はじめて正の値になるときの確率 ( $p_c$ ) が存在することがわかる。このときの確率 ( $p_c$ ) を臨界確率と呼ぶ。臨界確率の定義は以下のとおりである。

$$p_c = \sup \{p: \theta(p) = 0\} \quad \text{ただし } (0 \leq p \leq 1)$$

ある集団において、浸透確率  $\theta(p)$  が臨界確率を超えたとき、すなわち  $p > p_c$  となったときにパーコレ

14) 例えば、水は温度が上昇するにつれて固相（固体）、液相（液体）、気相（気体）へと次々に変化してゆく。この変化が「相転移」の代表例である。

15)  $\theta(p)$  の単調性の証明は、参考文献 R. B シナジ (2001) pp. 161-162 を参照。

ーションが生じ、無限クラスタが現れる。つまり相転移が起るわけである。

2次元格子上の臨界確率 ( $p_c$ ) の具体的な値については、 $p_c = 0.5$  であることが1980年にH.Kestenによって証明されている<sup>16)</sup>。(図10)は臨界確率と浸透確率の関係を示したものである。これを見ると、臨界確率が0.5まではパーコレーションは起こらず、従ってその集団は「安心社会」に留まっていることが分かる。ところが、臨界確率が0.5を超えたところで急激に「信頼社会」への変化が生じる(パーコレーションが起こる)確率が高くなる。つまり、その集団は「安心社会」から「信頼社会」へと相転移を起すことになる。

前述のExcel上のシミュレーションで臨界確率を探ることは、無限クラスタを作ることができないため不可能である。代わりに、信頼度確率を  $P_t = 0.50$  付近で変化させながらその様子を見てみよう。(図11)は  $P_t = 0.49$  であるが、集団の外周から中心を通して、反対側の外周にまで達するクラスタが存在している。これは、臨界確率以下なのにパーコレーションが起こっているように見えるが、このクラスタは無限クラスタではない。Sのサイズが構成員数289と小さいために生じた、擬似的なパーコレーションである。

$P_t$ が臨界確率 ( $p_c = 0.5$ ) を越えると、急速にパーコレーションが生じる回数が多くなる。(図12)はExcel上で試行した結果をグラフにしたものである。クラスタが小さく、試行回数も少ないため、臨界確

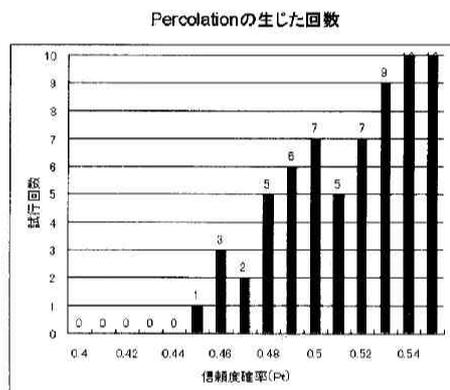
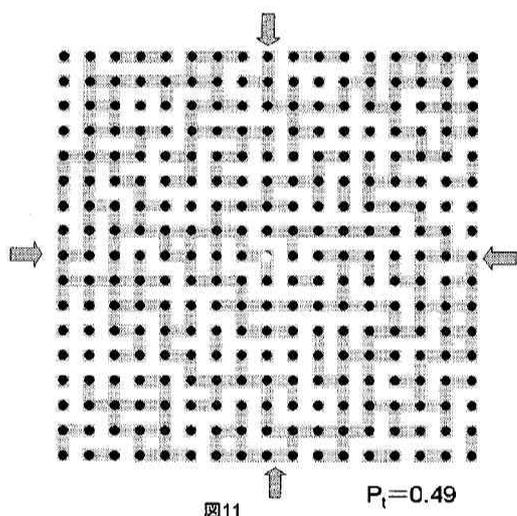


図12

率を示した(図10)と単純に比べることはできないが、 $P_t = 0.49$  から 0.53 の間に臨界確率がありそうである。クラスタを限りなく大きくし、試行回数をどんどん多くして行けば、この範囲は  $p_c = 0.5$  に限りなく収束して行くはずである。

集団が、臨界確率 ( $p_c = 0.5$ ) を境にして「安心」から「信頼」へと急激に様相を変えてしまうことは、大変に興味深い。集団を1人の人間に例えるならば、ついさっきまでよそ者に対しては頑なに「信頼」しようとしなかった者が、今は一転してオープンな態度を示しているようなものである。我々は、たとえ個人がどんなに変わったとしても、それが社会全体に与える影響はゼロに等しいと考えがちである。確かに、臨界確率に及ばない状態では、そのことは正しいといえる。しかし、臨界確率に限りなく近い状態では、ほんの少数の個人が変わることで、社会が一変してしまうかもしれないのである。

16) 証明は非常に複雑であり、最初に臨界確率 ( $p_c$ ) が0.5であろうと予測されてからKestenによって証明されるまで、20年以上かかっている。証明自体については、参考文献Grimmett (1998) pp.192-200を参照。

## 7. 結び

山岸 (1998) で提示された「安心」と「信頼」という概念を使って、ある集団が人間関係を中心とするコミットメント関係に縛られた状態から、一般的な信頼に基づく開かれた取引関係を受け入れる体制へと変化してゆく過程を、確率モデルを使って探ってみた。その結果、集団内の信頼関係に生じる変化がたとえ微小であっても、集団としての性質が一変（相転移）することがあることが分かった。

考察の際に使用したシミュレーション方法に限界があったこともあり、必ずしも断定することはできないが、現実の集団においても、集団としての性質が「安心社会」的になるか「信頼社会」的になるかは、いわば紙一重と言えそうである。このような相転移現象が現実の集団で起こるかどうかは、「信頼」に関するアンケート調査等によって明らかにしてゆく必要があるだろう。本稿が、集団を対象とする研究をおこなう上で、新しい可能性を示すことができたか否かは、今後の統計的調査と分析によって確認できると考える。

## 参考文献

- [1] 山岸俊男 『信頼の構造』 東京大学出版会, 1998 年
- [2] 荒井一博 『文化・組織・雇用制度』 有斐閣, 2001 年
- [3] 浜嶋朗/石川晃弘/竹内郁郎 編集 『社会学小事典新版増補版』 有斐閣, 2005 年
- [4] 三隅一人 『社会学の古典理論—数理で蘇る巨匠たち』 勁草書房, 2004 年
- [5] D. スタウファー, A. アロハニー, 小田垣孝訳 『パーコレーションの基本原理』 吉岡書店, 2001 年
- [6] 小田垣孝 『パーコレーションの科学』 裳華房, 1993 年
- [7] 小田垣孝 『つながりの科学』 裳華房, 2000 年
- [8] R.B. シナジ, 今野紀雄/林俊一訳 『マルコフ連鎖から格子確率モデルへ』 シュプリンガー・フェアラーク東京, 2001 年
- [9] 増田直紀, 今野紀雄 『複雑ネットワークの科学』 産業図書, 2005 年
- [10] 今野紀雄 『図解雑学複雑系』 ナツメ社, 2000 年
- [11] 今野紀雄 『図解雑学確率モデル』 ナツメ社, 2000 年
- [12] 安田雪 『実践ネットワーク分析』 新曜社, 2001 年
- [13] 平野茂実 「オープンシステムは安心社会を崩壊させるか」『商経論叢』第 41 巻第 1 号, 神奈川大学経済学会, 2005 年
- [14] Kazuhiro Arai, Sven Oskarsson, Isamu Yamaguchi, Per Ola Öberg, Torsten Svensson, Shigemi Hirano, "The Structure and Determinants of Trust: The Case of Japan and Sweden", *Hitotsubashi Journal of Economics* Vol. 46 No. 2, Hitotsubashi University, 2005.
- [15] G. Grimmett, *Percolation*, Springer-Verlag, 1989.
- [16] D. J. Watts, *Small Worlds: The Dynamics of Networks Between Order and Randomness*, Princeton University Press, 2004.
- [17] R. Hardin, *Trust and Trustworthiness*, Russell Sage Foundation, 2002.
- [18] B. Barber, *The Logic and Limits of Trust*, Rutgers University Press, 1983.