

原子力世論動向の数理シミュレーション

大西 輝明 ((財)若狭湾エネルギー研究センター)

Mathematical Simulation for the Movement of Nuclear Public Opinion
Teruaki Ohnishi (The Wakasa Wan Energy Research Center)

1. はじめに

ある特定の事柄に関して世論を知ろうとする場合、一般には社会調査によってデータを取得する。こうしたデータの整理や分析からは「その時点において人々の考え方を支配する諸要因を見出し、その状況を静的に理解する」ための知見を得ることはできるが、人々が社会の中でどのように影響を及ぼしあい、それによって社会全体の意識や考え方が時間的にどのように変化して行くかを問う動的な理解にはつながらない。世論の動的な進化を解明する一手法として世論形成モデルの構築とそれによるシミュレーションがある。

従来の態度変容、世論形成モデルは大別して (1) 特定の事柄については個々人の内部で複数種の「態度」が存在するが、外的な条件に支配されてそれらの態度間で心理的な遷移が生ずる結果、態度の時間的な変化が生ずるとするモデル⁽¹⁾、(2) 社会は無数の人々から成る均一な集合体であるとし、人々の態度平均の時間的な変化、すなわち世論の変動を統計力学的手法で記述しようとするモデル⁽²⁾、および (3) 社会は不均質な性状を持つ人々の集まりであるとし、個々人の挙動や態度は人々同士の相互作用に基づいて決まるとするモデル⁽³⁾などに分類できよう。上記(1)のモデルは個人内部での態度の変容モデルとして、(2) は理想的な社会での世論変容モデルとして考究されてきたが、(3) はこれらの中間的位置付けを持つものであり、現実社会から抽出したデータを入力とし、主として数値計算によって集団世論の時間進化を追跡するものである。当報文ではこの第三のアプローチを採用し、個人の一人一人を一個の粒子としてモデル化する方法を試みる。

当モデルでは粒子は各々異なる特性(属性)を持つとし、個々の粒子は均質な情報環境にひたされて相互に作用し合うとする。ここで注目する事項を「原子力問題」とすれば、従属変数は個々の粒子の(原子力発電の推進に対する賛否や居住地での原子力発電所建設に対する賛否などのような)原子力に対する態度や、粒子相互間の相対的な位置などのような量となる。ここでの相対的位置は物理的位置関係を与えるものではなく、粒子間距離は心理的意味合いを持つ社会的距離を表すものである。すなわち、異なる粒子が原子力に対して類似した態度を持つほど、これらの粒子の社会心理的距離は近いものとなるが、一方、異なる態度同士の粒子は反発し合い、その社会心理的距離は大きいものとなる。こうした意味での位置関係を与えるものである。

粒子モデルにおける物理量と、粒子システムを多くの人々からなる社会システムとして解釈した場合の現象や数量の対応関

係を表1に示す。以下では、このような粒子モデルの定式化について述べる。

2. 定式化の方法

n 個の粒子からなる社会システムを考慮しよう。また、簡単のために一種類だけに限って原子力に対する態度(例えば、原子力発電の推進に対する賛否)を考慮しよう。この場合、従属変数は個々の粒子の態度 x_i と仮想的な社会心理空間での位置 r_i であり、これらの変数の時間挙動を定式化する(i は第 i 番目の粒子添え字)。態度 x_i は (1) (当該社会で均一に広がる) 情報環境による影響、(2) 周囲の人々とのパーソナルコミュニケーションによる影響、および (3) 旧来の意識や態度への回帰傾向、の三効果によって時間的に変容するものとしよう。この場合、 x_i の時間変化率はこれら三種の効果を重畳したものとして記述でき、以下のような形状となる。

$$\frac{d \ln x_i}{dt} = C_1 \alpha_i \left(\frac{df_+}{dt} - \frac{df_-}{dt} \right) + \frac{C_2}{x_i} \sum_{j=1} \beta_{ij} \left| -\text{grad} \phi_{ij} \right| G_{ij} T_{ij} + C_3 \gamma_i \frac{(x_i^0 - x_i)}{x_i} \quad (1)$$

ここで $C_1 \sim C_3$ は定数、 α_i , β_{ij} , γ_i は i および j に依存した定数、 $f_{\pm}$ は個々人(すなわち、個々の粒子)が情報環境から得た肯定的(+)または否定的(-)な原子力情報記憶量の態度への応答関数、 ϕ_{ij} は相互作用ポテンシャル、 G_{ij} および T_{ij} は作用し合う粒子 i および j の態度差や活動度差が大きいほど相互に大きい影響を発現し合う効果を与えるためのペアリング因子、 x_i^0 は粒子 i の旧来の態度(初期値)である。

第(1)式右辺第一項では、原子力に対する人々の意識や態度は否定的な(負の)情報環境に接することにより否定的方向へ、肯定的な(正の)情報環境に接することにより肯定的方向へ振れることを仮定するものである。その振れ方の程度は属性の一つとしての各人の正負の情報環境に対する感受性に依存するものとして、これを α_i で表現する。以下の例では簡単のために、原子力の情報環境はメディア報道によって形成されるとしよう。第二項での和はコミュニケートし得る全ての粒子について取るものであり、ポテンシャル形状は社会モデルで一般に広く採用されている指数関数タイプ⁽⁴⁾を採用する。この場合、 ϕ_{ij} は粒子間距離 r_{ij} に関する指数関数となる。

表1 粒子モデルと社会システムとの対応
Table 1. Comparison between the two systems

粒子モデル	社会システム
1) 粒子数	対象社会の人口
2) 粒子の種類	異なる属性を持つ個人
3) 粒子間距離	社会心理的距離
4) 粒子間相互作用	相互コミュニケーション
5) システム内での運動	社会活動
6) 速度	社会活動の程度
7) 温度	社会的温度
8) 場	情報環境
9) 場への入力	社会への情報提供
10) 内部状態の変化	態度変容
11) 脱励起	態度の回復
12) 凝集	グループ形成
13) 拡散	グループ離散
14) 相変化	社会システムの変化

一方、仮想的な社会心理空間での各粒子の位置ベクトル $\mathbf{r}$ は (1) 各粒子に働く相互作用力、(2) 社会心理空間を運動する場合の抵抗力、および (3) (粒子の態度変容に伴って生ずる) 活動度の変化に起源するランダムな力、の三種の力に支配されて時間的に変動する。多数の粒子が介在するこうした力の場での運動はいわゆるブラウン運動に類似したものであり、従って、任意の粒子 i の社会心理空間での運動方程式は、以下のようなランジュバン方程式で記述できることになる。

$$m_i \frac{d^2 \vec{r}_i}{dt^2} = C_4 \sum_{j \neq i} (-\text{grad} \phi_{ij}) H_{ij} + C_5 (1 - \lambda_i) \frac{d\vec{r}_i}{dt} + C_6 \left\{ \frac{T_i (1 - \lambda_i)}{dt} \right\}^{1/2} \exp(2\Pi q i) \quad (2)$$

ここで $C_4 \sim C_6$ は定数、 m_i は粒子質量、 H_{ij} は相互作用する i および j が類似の態度を有する場合は引き付け合い、相反する態度の場合は反発する効果を与えるペアリング因子、 $(1 - \lambda_i)$ は粘性係数に相当する因子、 T_i は活動度の指標となる社会的な温度、 q は $[0, 1]$ 範囲の乱数、 i は虚数単位である。

第(2)式右辺第二項は周囲の意見への同調の程度を与えるものであり、 $\lambda_i > 1$ でかつ $|1 - \lambda_i|$ が大きい値であるほど態度変容への抵抗は強く、従って付和雷同性は弱く、独立を保つ傾向が強いものとなる。態度 x_i と社会的な温度 T_i とを励起状態にある粒子の内部エネルギーと粒子温度との関係を用いて関連づける場合⁽⁵⁾、突発する事故の報道などのためにほとんど瞬時の態度変容が生じるような場合には、温度 T_i の急激な上昇が見られることになる。この場合、上式第三項は粒子毎にランダムな方向への強いパルス力を与えるものとなり、このため事故以前での社会心理空間における準静的な凝集状態を急速に変化

させ、新たな社会構造を形成させる力として作用する。上 (2) 式では H_{ij} および T_i が x_i および x_j の関数として与えられるため、式 (1) および (2) は連立微分方程式となる。これらを数値的に解く事で、 $x_i(t)$ 、 $r_i(t)$ を得る。

上二式中での (個々の粒子毎に異なる) 諸定数値は実際の社会調査から直接に、またはそれによって得られるデータを加工して間接的に算出する。また定数 $C_1 \sim C_6$ の値は、過去の世界論の経年変化実測値と当モデルによる計算値とが最もよく一致するように、非線型最小二乗法により決定する。以下では (1) 大阪市、および (2) 福井県南部 (嶺南地域) で取得した (基本属性、メディア接触度、メディア報道への感受性、オピニオンリーダーへの付和雷同性、オピニオンリーダーに対する信頼感および評価、日常生活範囲などに関する) 社会調査データ⁽⁶⁾ を用い、また、これら二地域での原子力情報環境は簡単のためにそれぞれ朝日新聞、および福井新聞の報道量に比例した経年変化を示してきたとして、 $n=1000$ の場合のこれら二地域における原子力世論の経年変化挙動をシミュレートする。

3. シミュレーション結果例

図1に大阪市に居住する人々の属性を用いて算出した 1973 年以降の原子力世論の経年変化を実線で示す。以下での原子力世論は「原子力発電の推進に対する賛否」であり、当該世論が 1 (または 0) の場合は社会の構成員全員が賛成 (または反対) の状態にあることに相当する。当図の実線は 20~69 歳の成人を男女別に 10 歳ごとの年齢範囲に 10 区分し、それぞれの区分に属する人々の平均世論を示したものであり、人々の属性によってどの程度、世論が変動するものであるかを示したものである。実測値 (白丸) は成人全体についての全国平均値であるが、ここでは大阪市に居住する人々の原子力世論は、仮に全国世論と同一であるとして諸定数値を設定して比較した。当モデル計算によれば、時間の経過とともに世論の属性依存性がしだいに消失することや、1979 年 3 月の TMI 事故や 1986 年 4 月のチェルノブイリ事故などの大規模な原子力事故の発生毎に、世論はカタストロフィックに悪化すること、その後、回復の傾向は見ら

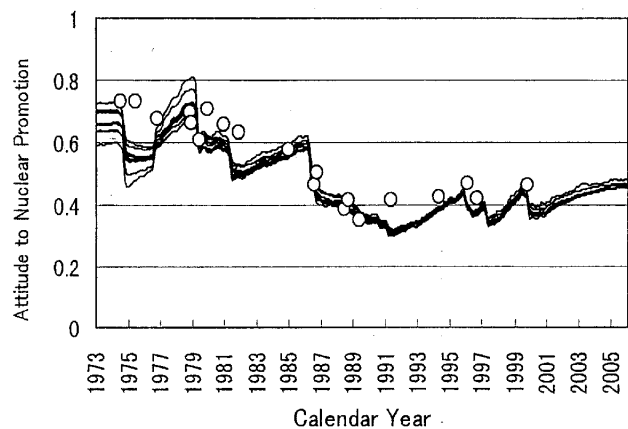


図1 大阪市に居住する人々の原子力世論の経年変化

Fig.1. Time evolution of the attitude to nuclear promotion in Osaka

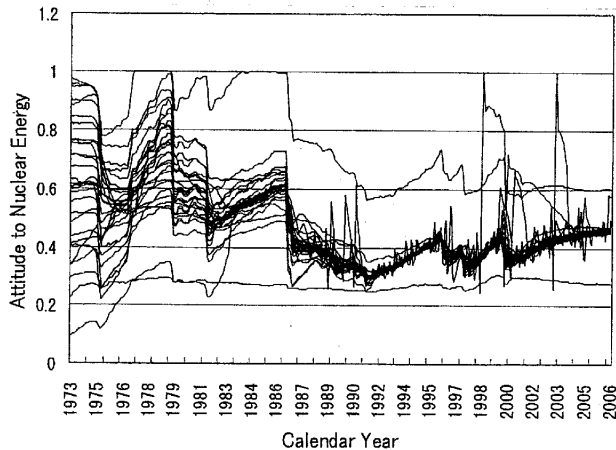


図2 大阪市民代表者 30 人に対する態度の時間変化

Fig.2. Time evolution of the attitudes for 30 representative Osaka-ites

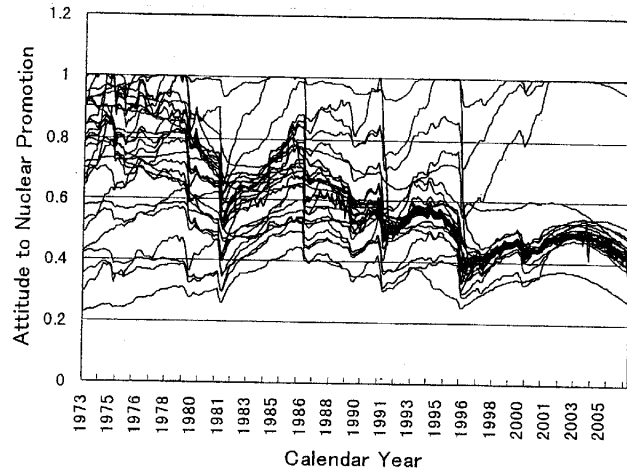


図4 嶺南地域代表者 30 人に対する態度の時間変化

Fig.4. Time evolution of the attitudes for 30 representative people in Reinan

れるが、さらにその後続く他の大規模事故のために世論の完全な回復には至らず、経年的には我が国の原子力世論はしだいに悪化してきたことなどがわかる。しかし、このような世論の傾向は「人々の態度の平均値」であり、個々の人々が時間的にどのような態度の変化を示してきたかを示すものではない。社会を構成する各人の態度変容状況を次に見てみる。

図2に1000個の粒子系列の33番目毎の粒子（すなわち全体で30個の代表粒子）のそれぞれに対する態度 $x_i(t)$ ($i=33, 66, \dots, 999$) を示す。この場合、 $x=1.0$ （および 0.0 ）は原子力発電に対して完全な賛成（または反対）の状態にあることに対応する。これらの代表粒子、すなわち対象地域である大阪市

の代表者の態度は、前図で示されるものと同様な傾向、たとえば初めに人々毎に原子力に対する評価（態度）が大きく異なっているとしても、それらは時間の経過とともにしだいに統一化する傾向を持つことや、大規模事故毎に原子力に対する評価は大きく悪化する傾向を持つことなどがわかる。しかし、こうした平均的な挙動を示す人々以外に、当図は終始反対の強い態度を維持する人々や賛成側に強く偏った人々の存在も無視できないこと、また、周囲の環境に付和雷同する結果、態度の時間変化が著しい人々なども混在することを示しており、平均値の挙動のみからは抽出し得ない個人レベルの知見を与えるものであるといえる。このような社会では、人々は社会心理的にどのように離合集散するのかを次に見てみよう。

図3に仮想的な二次元社会心理平面での（前2図の大阪市民に対応する）1000個の粒子位置を、四つの異なる時刻について示した。当モデルでは考慮する粒子を一辺の長さ1.0の正方領域内に収めるように諸定数値を設定し、初めに各粒子はこの社会心理面上にランダムに分布するとしている。また、サイクリックな境界条件も採用している。当図における粒子間距離は、既述のとおり、社会心理的な距離を表したものであり、粒子の凝集状態は類似した態度を持つ人々の心理的な共鳴状態、すなわち、世論の統一状態や原子力に対する価値観の統一化などの状態に対応するものである。粒子の凝集は主として情報環境の穏やかな時期に進行する。大規模事故の勃発とともに各粒子の態度は（粒子毎にその程度は異なるが）カタストロフィックに悪化し、このため凝集体の束縛条件は消失し、社会心理的な共鳴状態も消失する。事故後は再び、以前とは異なる新たな凝集状態の形成に向かうが、こうした傾向は1980年代後期以降では特に著しく、当該社会ではゆるやかではあるが唯一の大規模な社会心理的な凝集体が発現する。すなわちこの時期、原子力に対しては多くの人々にとって共通の価値観が培われ、その判断に従って原子力に対する態度が決定されていることを示唆している。

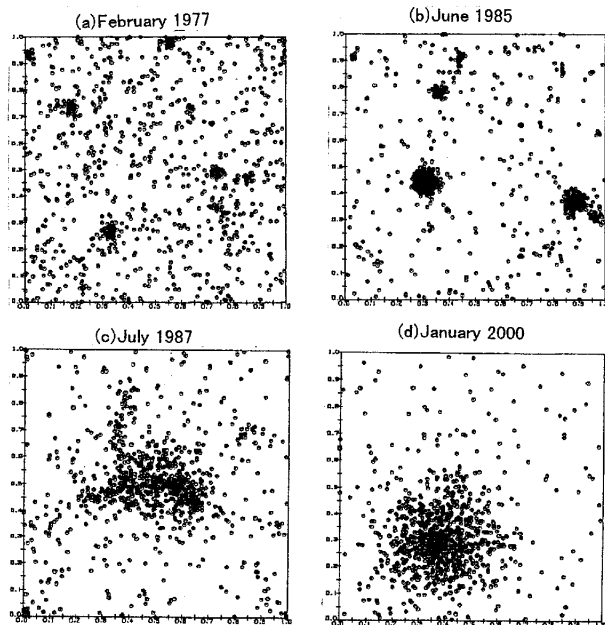


図3 社会心理面上での（大阪市民の属性を持つ）1000個の粒子の分布状況

Fig.3. Distribution of 1000 particles on a socio-psychological plane

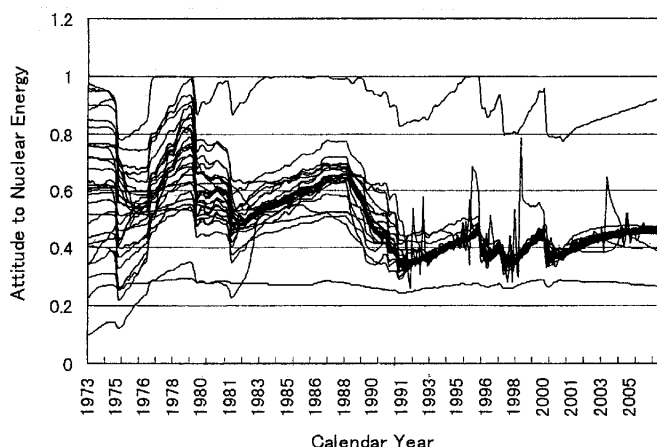


図5 チェルノブイリ事故のない場合の大阪市民代表者の態度変化

Fig.5. The same as Fig.2 but without the Chernobyl accident

図4に福井県嶺南地域の代表者30人に対する態度変容状況を示す。大事故毎のカタストロフィックな態度の悪化や、社会心理的なアトラクターの存在（すなわち、時間の経過とともに大勢の態度に統一化が見られること）などの傾向は図2の場合と同様である。しかし、こうした傾向は図2と比較して弱いことや、総体的に嶺南地域の人々は大阪市民よりも原子力に対して好意的であることなどには注意すべきである。このような傾向は嶺南地域が原子力発電所立地地域であり、人々の生活が原子力発電所の存在と強く結び付いていることと無縁ではない。

当モデルを用いて、過去に発生した原子力事故が我が国のその後の原子力世論にどれ程の影響を与えたかを推算することができる。大規模な原子力事故時にはメディアがリリースする報道量は著しく、それによって原子力情報環境は（原子力推進に対して）強く否定的な色彩を帯びる。しかし、メディア報道は一般にごく一時的であり、事故終結後、短期間で報道状況は旧に復する。従って、長いタイムスケールで情報環境を観察する場合、事故時には情報環境が鋭く否定的方向に振れる。こうした特定時点での振れを除去した情報環境を入力する場合、当該事故が発生しなかったと仮定した状況下での世論動向をシミュレートすることができる。図5に、1986年4月から同年12月に至る9ヶ月間ではチェルノブイリ事故に関する報道は全くなされなかったとした場合、すなわち、チェルノブイリ事故は発生しなかったとした場合の大阪市民代表者の態度変容状況を示す。図2に見られる1986年5月での人々のカタストロフィックな態度の変化は、当然ながら当図には現れない。図5中の人々は、少なくとも1980年代後半には原子力に対して極めて好意的であり続けた。しかし、80年代末からしだいに世論は悪化し、

90年代中期以降のそれは事故発生のある、現実世界の世論と基本的には同一の値となることに注意しよう。すなわち、チェルノブイリ事故は80年代後半の我が国の原子力世論を約0.2だけ悪化させる効果をもたらしたが、この効果は1991年には約0.1だけ、さらに92～93年には0.05だけに減じ、事故発生後の10年後には、原子力世論に対する事故の影響は実質的には無視し得る程度となった。これは、特定の時刻における世論はそれに先立つ数年以内の情報環境に支配されて決まることや、原子力事故に対する人々の記憶寿命や社会心理的な凝集の離散集合タイムスケールは数年のオーダーであることなどを示唆するものである。

4. おわりに

以上のようなモデルでは、パラメーターや入力値の変更などにより様々なシミュレーションが可能となる。例えば、(1) 将来のある時点で勃発する原子力事故が世論や人々の態度に影響を及ぼす程度の推算、(2) 情報環境の制御によってどの程度原子力世論が変動するかの推算、すなわち、情報公開、情報提示型のパブリックアクセプタンス活動効果の推算、(3) パーソナルコミュニケーションを骨子とするタイプのパブリックアクセプタンス活動効果の推算、(4) 地域のアピニオンリーダーが原子力世論や人々の態度に影響を与える程度の推算などである。

当シミュレーションモデルは個々の粒子に特定地域に居住する人々の属性を付与し、当該地域に固有な情報環境を外性変数として与える。これによって当該地域の個々人の反応や挙動が分析できるので、従来、人々の総体としての態度、すなわち世論として議論されてきたものを、よりミクロな個人レベルのスケールで議論することが可能となる。原子力の更なる社会受容のためには、どのような特性を持つ個人にいくつある時点でどのような働きかけをなすべきであるかに関する個人レベルでの知見も、こうしたシミュレーションによって得ることが可能となる。

文 献

- (1) 例えば、太田、飯田、河岡：人口知能学会誌、11, 927～932 (1996)
- (2) 例えば、J.A. Holyst, K. Kacperski, F. Schweitzer: *Physica*, A285, 199～210 (2000)
- (3) T. Ohnishi: *Math. Comput. Modelling*, 19(#11), 95～111 (1994)
- (4) D. Helbing, P. Molnar: *Phys. Rev.*, E51, 4282-4286 (1995)
- (5) T. Ohnishi: submitted (2002)
- (6) 大西、岡田、辻本：「原子力エネルギー認識の地域特性調査」（若狭湾エネルギー研究センター、2001）