

システム理論と秩序の形成

山内 康英
(東京大学)

黒石 晋
(電通総研)

社会科学の理論と分析の手法において、我々が用いてきたサイバネティックなモデルは、とりわけ社会構造の変動という問題について、不十分であった。構造変動は元来、必要十分条件や十分条件としては捉えられないという困難を抱えているのである。

本稿は、一般システム理論 (General Systems Theory) のひとつのモデルとして、シナジェティック・モデルを導入し、自己組織性の視座からこれをサイバネティック・モデルと対比する。このために、Haken (1978) にもとづき、シナジェティクスの概念を定式化する。これは、秩序構造の形成や維持というシステム現象を、システムの「場」(マクロ特性) に対するミクロ要素の隷従として捉える考え方であり、その数学的手法の中心となるのは、断熱近似による情報の縮約である。サイバネティクスは、構造の変動を「メタ化」によって構造内変動に置換える手法であり、あくまで変動を必要十分または十分条件としてとらえようとするため、論点先取に陥る。これに対しシナジェティクスは、「ゆらぎ」という偶然要素の導入によってこの問題を方法論的に回避することができる。

社会システムには、こういうシナジェティックな現象が豊富に存在する。本稿では、価格と経済主体からなるシステム、社会的制度と社会構成員からなるシステム、流言とこの集合行動に参加する人々のシステム、等を概観している。

1. はじめに —— 構造変動に関する予備的考察

われわれは、システム理論の立場から、どのようにして秩序の形成を問うことができるだろうか。この問いは、ただちに、システムの構造の変動と生成に関する問題として問いなおすことができる。

構造の変動とは何か。変動というからには時間に関わる概念であろう。そこで、何はさておき時刻 t と、そこから Δt の時間が経過した時刻 $t + \Delta t$ との間のシステムの状態の変化について考えてみることにしよう。

ある論理体系 (= 構造) の内部において、「時刻 t におけるシステムの状態」を知ることが「時刻 $t + \Delta t$ におけるシステムの状態」を知るための何条件になるかを考えるならば、容易に次の4通りに区分できる：

- ① 必要十分条件 / ② 十分条件 / ③ 必要条件
- ④ 必要条件でも十分条件でもない

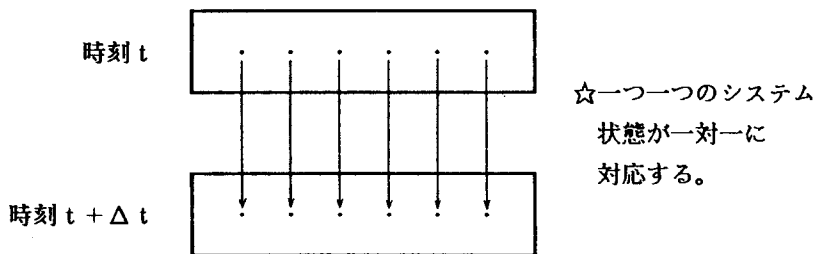
① 時刻 t におけるシステム状態を知ることが時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知

*本稿執筆にあたり、東京大学の公文俊平教授、盛山和夫助教授、および一般システム研究会のメンバーの方々から貴重な御教示を頂きました。ここに御礼申し上げます。

るための必要十分条件になる場合。古典力学がこれに相当する。

力学の論理体系を前提とすれば、時刻 t におけるシステム状態を知ることによって時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知ることができ、逆もまた成り立つ (図1)。これは力学が微分方程式で書かれていることから明らかであり、未来も過去も —— 世界線 world lines の束という形で —— 一義的に定まってしまうのである。つまり時間は可逆である。時刻 t の状態を知ると、時刻 $t + \Delta t$ の状態を知る上で知り過ぎていなければ知り足りないわけでもないのであって、これが必要十分条件たるゆえんである。

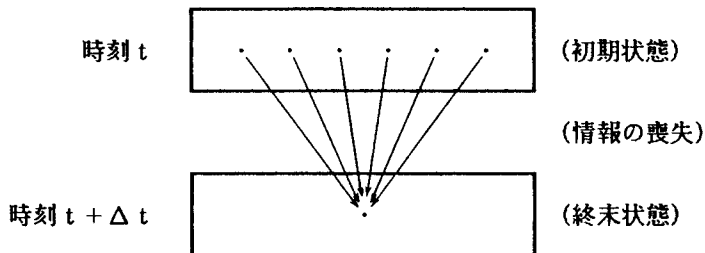
〔図1：必要十分条件の体系〕



この場合、システムを把握するために必要な情報の量は、 t においても、 $t + \Delta t$ においても同一である。これを逆にいえばシステムそのものの情報が変化していない。これは構造の変化がないことを示している。いふなれば力学には構造の変動がないのである。

② 時刻 t におけるシステム状態を知ることが時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知るための十分条件になる場合。十分条件とは、時刻 t におけるシステム状態を知ると、時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知る上では知り過ぎになることを意味する。いわば情報過多である。あるいは逆に、システムそのものが時間とともにその情報 (構造) を失っていくのだ、とみなすことも可能である (図2)。一例を挙げるなら、閉じた系を扱う平衡熱力学の論理体系がこれに相当するといってよいだろう。これは、エントロピー増大則によって別々のシステム状態から出発しても同じシステム状態 (熱平衡) に達するという

〔図2：十分条件の体系〕



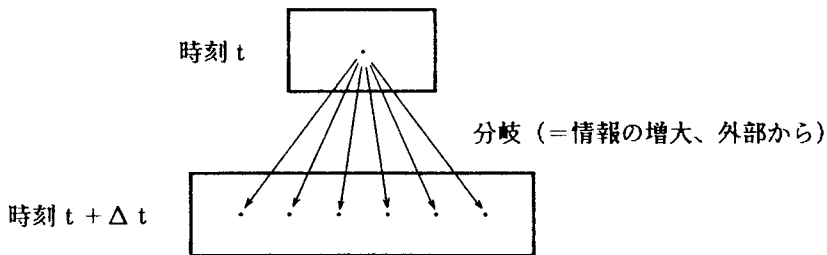
主張から明らかであり、極端に言えば初期状態をまったく知らなくとも、終末状態——クラウジウスやボルツマンを悩ませた「熱死」——を知ることができることになる。

この体系は、システムが情報を一方的に喪失すること、つまり構造を一方的に消失していくことを述べていることになる。これは広い意味では「構造の変動」とみなすことができる。

③ 時刻 t におけるシステム状態を知ることが時刻 $t + \Delta t$ をにおけるシステム状態を知るための必要条件になる場合。これは時刻 t のシステム状態を知っただけでは情報が過少であることを意味する。逆にいえば、システムが次第に情報を獲得してゆくことをも同時に含意し、つまり構造が次第に生成してゆくことを意味することになる。プリゴジンらの「ブリュッセル学派」が扱った非平衡熱力学における分岐がこの例である。彼らは、大規模開放系における系の不安定化とそこに働く臨界ゆらぎの作用によって生成・維持されるマクロ構造に着目し、これを「散逸構造」と名づけた。散逸構造では、構造の生成前後で情報の増大が見られるのである。

この場合、ある論理体系（構造）の内部において、時刻 t のシステム状態を知っても、時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知るためにはまだ情報が不足している。その情報は論理体系の内部にはなく、外部から補充されねばならない（図3）。実際、システムはその「構造の外部」の力を借りて新しい情報を獲得し、構造を生成してゆくのである。この「構造の外部」とは何か。そしてそれはどのようにしてシステムに侵入するのか。これが構造の生成を論ずる場合の中心的課題であって、本稿のテーマである。

〔図3：必要条件の体系〕

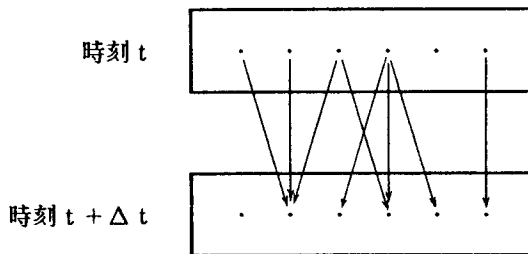


なおこの場合、現在の状態を知ることによって将来の状態を知ることができないが、過去を知ることができる（過去を知るためには、現在を知ることが情報過多である）。進化論は大体においてこの性質を持っている。たとえば現存の生物種を対比して過去の共通祖先——ミッシング・リンク——の姿を復元する作業の方が、現存種をもとにして未来の生物の姿を予測することよりも根拠がある。生物は進化の過程で概ね遺伝情報を獲得してきているからである。もちろん、情報の喪失（退化）も少なからずあろうが、大きな流れとしては進化とは情報の獲得の過程である。系統樹が概ね末広がりになっていることは、これを表している。さらにいえばあらゆる生物現象の根源に化学反応があることは誰の目にも

明らかであり、化学進化が進化の起源にあることは明白である。だが化学反応を知っただけでは生命の進化を解明することはまったく不可能なのである。現在において、過去は分かっても未来が分からないというのは、システムが時間とともに情報を獲得しつつあるという証拠である。

④ 時刻 t におけるシステム状態を知ることが時刻 $t + \Delta t$ におけるシステム状態を知るための必要条件にも十分条件にもならない場合 (図4)。これはもっとも厄介なケースであるが、経験科学の対象はこれに属するものが多いと思われる。

(図4：必要条件でも十分条件でもない体系)



以上の4つのケースをまとめるならば、予見が可能なのは①②だけであり、③④は予見が不可能である。一方「構造変動」と言いうるのは②③④である。このうち②は構造が一方的に消失するだけであって何ら面白くなく、真に構造の変動ないし構造の生成と言いうるのは予見不可能な③と④である。つまり構造の変動を、構造の内部で予見的に認識することはできないことになる。このことはシステム論的に見て何を意味することになるのだろうか。

従来のシステム理論をこの問題に適用したとき、最大の問題点は、この「情報」を取扱う方法にあったように思われる——と言ったなら、奇妙な主張だと思われる向きもある。システム理論は、本来、情報理論と密接なつながりをもっていたはずだからである。特にサイバネティクスの理論は、システム理論と情報理論を結びつける——というより同一の視点で統一する——中心的な理論である、という暗黙の合意があったように思われる。

ところが、サイバネティクスの出発点に立ち帰ってみるとき、あらためてこの方法が、主体の予測と学習のモデルであったことに気づく。

サイバネティクスの手法は、サンプル関数 $\chi(t)$ ($-\infty < t < \tau$) に対して、適当な関数 $\kappa(s)$ ($0 \leq s < \infty$) を選び、

$$(1.1) \quad \chi(\tau + \alpha) = \int_0^{\infty} \chi(\tau - s) d\kappa(s) \quad (\alpha > 0)$$

を最小にすることに帰着する (北川 1973)。

主体はこのようにして、過去、現在の情報にもとづき、未来の進路を決定することができるのである。つまり、サイバネティクス理論は、必要十分条件性を、何らかの制御機構に内在させる考え方である、ということができる。

一方、サイバネティクスの情報理論とは、より正確な情報を、情報の内的メモリによって決定する方法に他ならない。つまり、一方では主体の内部情報の自己増殖が、他方では情報の自己洗練が追求されている、これらの理論は複数主体と外部情報の問題を扱ってはこなかったのである。しかし情報とは諸主体によって創りだされ、諸主体に同じ形で保存され、かつ諸主体を外から拘束するはずのものである。

ここでわれわれは、別の観点から情報の「ぬえ（鵞）」的な性質をあらかじめ明確にしておきたい。ここでいう情報とは、諸主体の外に存在し、時としてそれ自体、財として取引きされる社会システムの要素、もしくは部分体系であるが、一方で、情報とはそれぞれの主体の内部に同じ形で保有される、主体内の変数なのである。以下でわれわれは、このようなイメージを正しく表現するためのモデルとして、シナジェティクス・モデルを提案し、それがシステムの秩序形成・構造生成につながっていることを示したい。

2. シナジェティクス・モデル

Bertalanffy (1968)によれば、システムをあらわす「言語」は、その目的に応じて次の二つが使い分けられなくてはならない (p.86)。第一の方法は、システムを暗箱と考えて、その入力、出力、フィードバックの関係についてなされるものであり、外部的記述と呼ばれる。第二の方法は内部的記述であって、システムを状態変数と呼ぶ n 個の測度の集合によって定義する。次のような、 n 個の部分系のある測度 q_n からなる一階の連立微分方程式は、典型的な内部記述の例である。

$$(2.1) \quad \begin{cases} \dot{q}_1 = h_1(q_1, q_2, \dots, q_n) \\ \dot{q}_2 = h_2(q_1, q_2, \dots, q_n) \\ \vdots \\ \dot{q}_n = h_n(q_1, q_2, \dots, q_n) \end{cases}$$

たとえば、 $\frac{\partial q_j}{\partial q_i} = 0$ ($i \neq j$) ならば、部分系は「独立」である。

Bertalanffy は、次の条件 (2.2) が成り立つとき、これを前進的集中化のシステムと呼び、生物学の分野でとりわけ重要であることに注意を促した。

$$(2.2) \quad \frac{\partial q_i}{\partial q_s} \gg \frac{\partial q_i}{\partial q_j} \quad j \neq s$$

ここでは、部分系 q_s が、「主導的な役割を得て全体のふるまいを決定する」(p.76)。Bertalanffy の集中化の原則が働くと、部分系の自由度は制限される。

シナジェティクスは、内部的記述において部分系の自由度を縮約する条件を表現する手段である、ということができる。中心的な手法となるのは、断熱近似 (adiabatic approximation) によって、秩序パラメータと部分系との相互作用を決定することである (Haken, 1978, 1983)。

さて、(2. 1) の方程式の系は、適当な座標変換ののちに、次の形に書き直すことができる (Bertalanffy 1968, pp.51-56, Haken 1975)。

$$(2. 3) \quad \dot{p}_i = -\lambda_i p_i + R_i(p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (i=1, 2, \dots, n)$$

次に、 λ の正負によって、部分系を、 $i=1, \dots, m$; $s=m+1, \dots, n$ に分けることができる。

$$(2. 4) \quad \begin{cases} \dot{p}_1 = -\lambda_1 p_1 + R_1(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ \vdots \\ \dot{p}_m = -\lambda_m p_m + R_m(p_1, p_2, \dots, p_n) \end{cases} \quad (\lambda \leq 0)$$

$$(2. 5) \quad \begin{cases} \dot{p}_{m+1} = -\lambda_{m+1} p_{m+1} + R_{m+1}(p_1, p_2, \dots, p_n) \\ \vdots \\ \dot{p}_n = -\lambda_n p_n + R_n(p_1, p_2, \dots, p_n) \end{cases} \quad (\lambda > 0)$$

断熱近似とは、(2. 3) で、一般化された意味での「速度」の項 \dot{p} を 0 と置くことである。これは λ が十分大きく、系 p が強く減衰する場合であり、(2. 5) のグループがこれに属している。

ここで p_s は p_i に比べて小さいと仮定する。すると R_s で、 $p_s = 0$ とおくことができる。 $\dot{p}_{m+1}, \dots, \dot{p}_n = 0$ とすると、(2. 5) は次の形に書き直される。

$$(2. 6) \quad \begin{cases} p_{m+1} = R_{m+1}(p_1, p_2, \dots, p_m) / \lambda_{m+1} = p_{m+1}(i) \\ \vdots \\ p_n = R_n(p_1, p_2, \dots, p_m) / \lambda_n = p_n(i) \end{cases}$$

(2. 6) の方程式の解は、 p_i によって決定されている。

(2. 6) を (2. 4) に代入すると、 p_i だけからなる式 (2. 7) を得る。

$$(2. 7) \quad \begin{cases} \dot{p}_1 = -\lambda_1 p_1 + R_1(p_1, p_2, \dots, p_m; p_{m+1}(i), \dots, p_n(i)) \\ \vdots \\ \dot{p}_m = -\lambda_m p_m + R_m(p_1, p_2, \dots, p_m; p_{m+1}(i), \dots, p_n(i)) \end{cases}$$

(2. 7) の方程式の解は、それぞれの部分系に 0 でない行動が可能かどうかを決定する。

p_i は、 p_s を隷従させる秩序パラメータと呼ばれる。

(2. 6) 、 (2. 7) を比較して、次の結果を得る。

1) 系 p_s ($= p_{n+1}, \dots, p_n$) は、系 p_i ($= p_1, \dots, p_m$) をそれぞれ同じ形で含んでいる。 p_i は秩序パラメータである。なぜなら、自律的に p_s の行動を決定する。

2) p_1, \dots, p_m は、 p_1, \dots, p_n の全体によって決定される変数である。これらの変数は、はじめの系からみれば縮約されており、かつシステムを支配している。

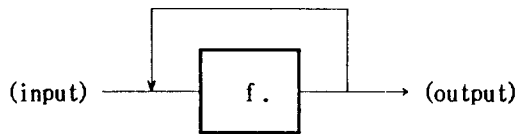
以上の議論は、シナジェティクスの考え方を説明したものであり、それぞれのステップは厳密な前提を満たさなければならない。

より進んだ議論により、はじめの系 (2. 3) の線型安定性の消失、秩序パラメータの成長および隷従原理の有効性の間に、きわめて重要な相互関係があることが示される。直観的に、(2. 3) で λ がひとつでも負になれば、この系は不安定になる。このとき (2. 4) と (2. 5) のグループが分かれるのである。

3. 社会科学における含意

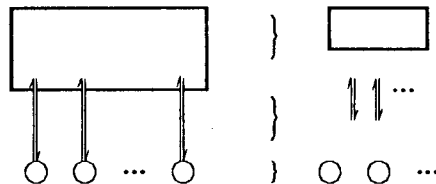
第一に、シナジェティック・モデルは、サイバネティック・モデルとの対比で考えられるべきである。

サイバネティック・システムは、通常、(図5) のようなフィードバック図式で示される。



(図5)

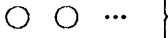
これに対し、シナジェティック・システムは次のような図式で示すことができる。



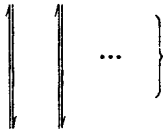
(図6)



この意味するところは、 $\{ p_i ; p_s(p_i) \}$ の集合である。
 これらの変数によって、秩序パラメータの定常状態あるいはモード
 が決定される。



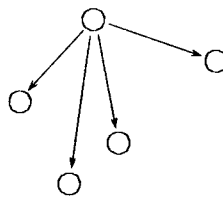
この部分の意味するところは、部分系 p_{n+1}, \dots, p_n である。
 これらは秩序パラメータを同形で保持し、かつ秩序パラメータを外
 力として行動を決定する。秩序パラメータ p_i の作用は、部分系
 $p_s(p_i)$ の動きを通じて、再び秩序パラメータに影響を及ぼす。



この関係をあらわすために、秩序パラメータ $\{ p_i ; p_s(p_i) \}$
 と部分系 $p_s (= p_{n+1}, \dots, p_n)$ を射線で結ぶと〔図6〕を得る。
 この射線は、「場」と個々の部分系との、マクロ・ミクロ・フィー
 ドバックと呼ばれるべきものである。

第二に、協同的な行動の発生は、ダイアディックな試行の有限回の繰り返しとは別の原
 理から導かれるということである。このような秩序の発生、およびそれによる顕著な効率
 性の増大は、要素の数とその相互作用の組合わせが莫大であるために、システムの存続の
 ためには必然的であるように思われる。

たとえば、〔図7〕のように、二人の間でのみ言語もしくは秩序発生的なシグナルの通
 じる世界を考える。彼らの会話が独立であるとすれば、 n 人の間の話題の組合わせは $(n - 1)^n$ 通りである。 n が7人のとき、この組合わせは 279936 通りになる。この仮定は
 むろん非現実的であって、われわれは28万個のシグナルの代わりに、一つの共通の言葉
 を使うのである。各主体は、他の主体にではなく、共通の言葉に対して反応する。



〔図7〕

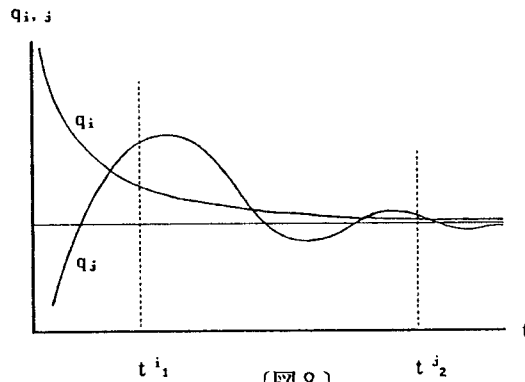
同様に、100億個をこえる人間の脳細胞は、脳波に対して反応し、心筋は、心拍に対
 して反応する、と考えられている。これらに共通しているのは、要素が他の要素にで
 なく、それらとはレベルの異なる上位のパラメータに対して反応している、ということであ
 る。

このようなシナジェティックな現象は、日常の社会過程のうちに豊富に存在している。
 以下に述べる例は、i) 経済システム、ii) 政治システム、iii) 社会心理学的現象に關す

るものである。

i) 経済システムとシナジェティクス … 価格；シグナルと多数の経済的行為主体
われわれは価格が主体の間に存在する情報であることを知っている。今日、地球的な市場ネットワークの中で、さまざまな商品——石油、小麦、金、通貨、等——の価格が形成されている。価格は、このような情報ネットワークの中に存在する記号——数字——である。一方、価格は、売手と買手の認識の中にそれぞれ保有されるものであると考えることができる。このために、この記号は売手と買手にある予想される反応を引き起こすのである。したがって価格とは諸主体の間に存在し、かつ、諸主体がこの変数を同じ形で保有している、という、ある種の情報であると考えることができる。利率、通貨供給量、その他いくつかの経済的指標は、まさにこのような存在である。

さて、個人的な合理的行動を仮定するならば、経済的な主体は、それぞれ目標とする変数を最大化（最小化）している。一方、ある変数 q が市場で均衡に達した後を考えれば、 $\dot{q}_i = 0$ が成立しているであろう。



(図8)

このことは、シナジェティクス・モデルの立場から、どのような意味を持っているのだろうか。

$$\begin{aligned}
 q &= D(q_1, \dots, q_m; q_{m+1}, \dots, q_n) \quad \dots\dots\dots (1) \\
 i &= 1, \dots, m \\
 s &= m+1, \dots, n
 \end{aligned}$$

があって、すべての主体は、 q_{m+1}, \dots, q_n (パラメータ) を、この期において所与として行動すると考える。 $q_1, \dots, q_i, \dots, q_m$ のうちのあるものを動かして、この市場は均衡に達するであろう。一度市場均衡が達成されたならば、 q_i の大きさをみずから変えることは、この市場に参加する個人にとってなら利益をもたらさない。したがって、

$$\dot{q}_i = 0 \quad (\text{ただし時間 } t^{i_1} \text{ よりこの期の終わるまで}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

問題は均衡値への収束の速さである。これを知るために、(2. 3) と同じように q_i が、

$$\dot{q}_i = -\lambda_i q_i + G_i(s) \quad \text{----- (3)}$$

であらわされるとするならば、この条件は、

$$\lambda_i \gg 0 \quad \text{----- (4)}$$

で示される。このとき、

$$q_i = G_i(s) / \lambda_i \quad \text{----- (5)}$$

次にパラメータ q_{n+1}, \dots, q_n を考える。同様に次のように書けるとする。

$$\dot{q}_s = -\lambda_s q_s + G_s(q_1, \dots, q_n) \quad \text{----- (6)}$$

(5)を(6)に代入して

$$\dot{q}_s = -\lambda_s q_s + G_s(q_s; G_i(s) / \lambda_i) \quad \text{----- (7)}$$

かつ

$$\lambda_s < 0 \quad \text{----- (8)}$$

このようにして、はじめの系の記述はパラメータの運動に縮約される。なぜなら、(7)で決定される q_s によって(5)から q_i の動きが決定されるからである。市場で均衡化される量は、このようにしてマクロの経済的指標から取り除かれる。パラメータ q_s の数が3より大きいとき、これらの量は、カオス・アトラクタと呼ばれる運動をしている可能性がある。

ii) 政治システム … ルール；社会的規範はなぜ人々を拘束するのか

次に政治学の領域に目を転じるならば、ただちに多くのルールが、直接、主体の間で議論の対象となっていることに気がつくであろう。政治的なルールは、多くの場合、集団の間の富の配分と結びついているために、このようなルール自体が、様々な政治制度の中で直接争われている。ルールは、情報のある種の社会的な実在性を表している。われわれは、ルールをつくりあげている言葉の僅かな異同をめぐって真剣な —— 時には危険な —— 取引きがおこなわれるのを見る。社会的なルールは、個人の内部の学習過程の中で形成され、他者のそれと照合されるばかりでなく、個人の外に出てそれ自体が（言葉として）とりあつかわれ、戦わされるのである。ところが一方で、社会的なルールは、その社会にお

ける成員の認識の中に、それぞれ保有されるものである、と考えなければならない。法の究極的な存在性とは、このような個人の承認性に求められる (Hart 1961)。われわれは、日常のささいな決定の中に、このような秩序の構造がたちあられるのを見るのである。

iii) 流言 ; 社会的な「場」の存在根拠

社会心理学的現象における興味深い例は、社会的な流言である。流言は、個人間に作り出される集合的相互行為である。流言の場に参加する者は、これに拘束される。一方、流言は、人々の心の中に存在し、人に喋らせるまでは、これを外から観察することはできない。そしてひとつの流言は、マクロなレベルで誕生・成長・死、という有機体的な運動を見せる (Shibutani 1966)。

このように、各種の社会的な秩序の問題、さらに自律的な秩序の形成を考えるためには、諸主体という部分システムが創り出す非主体的な全体システムという、異なるレベルのシステムの相互作用をとりあつかうモデルを考えることが、より有望である、と思われるのである。

4. 2つの自己組織システムと構造変動

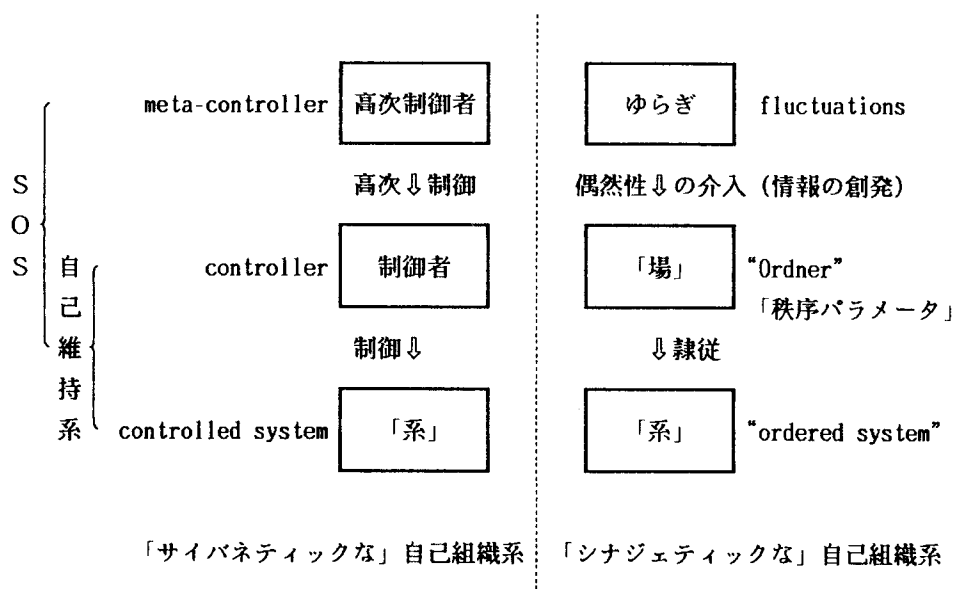
さて、一般に「自己組織システム」(Self-Organizing System, SOS)と呼ばれているシステム形式には、以上に述べた2つの形式に応じて2つの類型がある。その1は「サイバネティックな」自己組織システムであって、アシュビーによって考察されたものを典型とする (Ashby 1968, 今田 1978)。その2は「シナジェティックな」自己組織システムであって、ハーケンやプリゴジンによって考察され、あるいは考察されつつあるものである (Haken 1978, 1983)。この両者ではシステムの変動の扱い方が大きく異なる。従ってそれらを混同することのないよう、一般システム論ないしシステム哲学上、適切に位置づける必要がある。

まず、「サイバネティックな」自己組織システムでは、構造の変動を高次の制御者へと帰着する。従って、構造の変動は高次制御者に組みこまれた高次構造内変動ということになり、これは根源的な構造変動にはなりえない。一方、「シナジェティックな」自己組織システムでは、構造の変動は「場」と個々の部分系とのマクロ・マイクロ・フィードバックに「ゆらぎ」という偶然要因が介入することによって新構造が成長することに帰着する。「ゆらぎ」さえ作用すれば、そのあとは構造内変動に帰着するので、構造変動の本質は「ゆらぎ」にある。つまり構造変動を担う本質要素は偶然要因である。

以上の2つの自己組織システムを対照的に図示すると、〔図9〕のようになる。

そもそも「構造変動」とは構造の外部が侵入することにはかならない (なぜなら構造の内部で完結すれば、それは構造変動でなく構造内変動となる) のであるが、第一のサイバネティックな自己組織系では、構造の変動を扱う際、外部に必ず高次の制御者を指定することになるので、その事実によって (ipso facto) 全体としては構造内変動になってしまう

〔図9：2つの自己組織システムの対比〕



い、しかも「論点先取の困難」difficulty of “assumptio non probata”を抱える。変動によって初めて生ずるはずの新構造があらかじめ（高次制御者という形で）用意され、それが系に接続されることになるからである。この点に関連して想起すべきは、前出アシュビーの重要な結論たる「必要多様度の法則」（Ashby 1956）である。この法則は、環境の複雑性よりもシステムの複雑性の方が大きいこと、つまりシステムのもつ情報量が、あらかじめ、周囲に起こる情報量を上回っていることを要請していた。そしてこれはある時点でのシステムの内部環境を知れば、それが未来の状態を知る上での十分条件または必要十分条件になることを暗示している。これはわれわれにとって、本稿の冒頭（「1. はじめに」）の①「必要十分条件の体系」と②「十分条件の体系」）で示したように、構造変動とはいいたいものである。そしてこれはまた、上位の制御者に重要な決定権を委譲していくサイバネティクスという方法が持つ本質的な特徴なのである。

さらにこの観点を外挿してゆくと、高次制御者は全知全能の「ラプラスの魔」的な知性（未来永劫にわたって全宇宙の予測ができる者、いわば「神」）に限りなく近づく（⇒無限大の制御者、“∞の制御”）。つまりサイバネティックな自己組織系では、高次の制御者の存在が当該システムに対し絶対的に先行しているのである。したがって、決して高次制御者の起源を問うことができないという限界を有している。

一方のシナジェティックな自己組織系では、系の構造を変動させる外部要因はいわゆる「ゆらぎ」である。だがその外部要因は、サイバネティックな自己組織系の場合とは異なって、「非常に小さいもの」とおくことができ（⇒無限小の制御者、“+0の制御”）、

これは偶然の作用に帰着させることができる。従って論点先取の困難を最小限に押さえることができる。見方によっては、「ゆらぎ」は、サイバネティックな自己組織系でいう「高次制御者」を無限大に大きくせず逆に無限小に縮小して、偶然性の中に放棄したものといえる。こうして、シナジェティックな自己組織系では、システムが偶然の力を借りて意思決定を行い、その結果システム内に新しい情報が創発する（新しい構造が発生する）のだ、とみなすのである。この発想は、本稿冒頭「1. はじめに」の③「必要条件の体系」に相当する。

またサイバネティック・システムでは、制御現象の存在が前提となっているので、制御現象の起源を問うことができなかつたが、シナジェティックな自己組織系の形式を用いれば、制御現象は無限小の制御を起源としてそれらの集積として扱うという可能性が残されるのである。

しかしここでは、論点先取の困難を解消したのと裏腹に、偶然要素に構造変動のカギを与えることから事実上「予見」ができなくなる。これが「偶然性の困難」difficulty of accidentである。二者択一の分岐からなる変動なら簡単だが、分岐が複雑に錯綜するシステムではこの困難は大きくなる。

以上のように、2つのシステム形式には一長一短があり、一概にどちらが優れているとはいえない。むしろ両者は相補する関係にあり、場合によって使い分けるべきであると言えよう。われわれの考えでは、一般システム論において、このようなモデルが複数個あるということはむしろ望ましいことである。サイバネティクスとシナジェティクスという2つのモデルの違いを念頭においた上で、これまでの研究を再検討してみる（特に社会学における構造-機能分析など）が、さしあたり、多くの研究者にとって実りのあることなのではないか、というのが筆者たちのひそかな希望である。

5. おわりに

終わりにあたり、本稿冒頭の「1. はじめに」で提起した④「必要条件でも十分条件でもない体系」への対処は、サイバネティクスにおいてもシナジェティクスにおいてもいまだなされていないことを確認しておきたい。これはまぎれもなく構造変動であり、しかも経験科学は多くこれに属すると予想されるにもかかわらず、難問なのである。この種の系については、あるいは事後的記述のみが可能なのかもしれないが、現状でのわれわれの構想を述べよう（詳しい展開については、後日を期したい）。

サイバネティクスでは、系は実質的に制御者という一者に帰着されるため、実は単一のシステムを扱っているようなものである。これに対し、シナジェティクスは多数の部分系からなる大規模システムを扱っている。この両者の間に、「中数システム」というべき、中位の部分系からなるシステムがあるはずなので、これを扱う方法を検討することが今後の課題として考えられよう。ワインバーグによれば、「小数と大数という両極のシステムに既存の2方法を（中数システムに対して）用いることは本質的に誤りである」（Weinberg 1975, 訳33ページ）。

また、シナジェティック・システムとサイバネティック・システムとを、システムの「進化」という観点からとらえようとするとき、両システムの“間に”位置するシステム形式が必要となる。たとえば動物の発生を考えると、その初期においては化学反応によるシナジェティックな（協同現象としての）形態形成があるが、次第に神経系が形成され、ついには脳を中枢とするサイバネティック・システムが立ち上がってくるという事実がある。発生の初期ではシナジェティクス、発生後の行動はサイバネティクスが適用できるとしても、その中間過程を考察するための認識枠は用意されていない。

これに対して、ドゥルーズとガタリの「欲望する諸機械」の発想はおそらくそのヒントになると思われる（Deleuze et Guattari 1972）。エーリヒ・ヤンチュは、システム論的文脈の中ですでに彼らの発想の中数性に注目している（Jantsch 1980, 訳452 ページ）。

「欲望する諸機械」とは、結びつきの必然性がないという形で結びついた個々の要素が、あたかも一つの機能を果たすかのようにも見える系を指す。それはブラック・ボックスとして見ればサイバネティックな挙動ともみなしうるものの、一般に中枢部（コントローラー）を欠いている。いわば「風が吹けば桶屋が儲かる」式の結びつきからなるシステムなのであるが、思いもよらぬところに思いもよらぬ結合が生じて思いもよらぬ役割を果たすなど、縦横無尽に横断的構造を形成する可能性を持つ。

ここで想起されるのは、モノーが生体内のアロステリック酵素の無根拠性を指摘したくだけり（Monod 1970）であって、根拠のない諸要素の結合から生体の機能が成立しているというのだが、これもドゥルーズ＝ガタリのいう「欲望する諸機械」なのである。彼らにいわせれば、生体は「風が吹けば桶屋が儲かる」の論理でできてくるわけである。

この論理では、上位の制御もなければマイクロ要素の隷従性もなく、自由な結合が許される。変動の必要条件性も十分条件性も無関係で、いわば「恣意的な」結合が中心的役割を果たす世界である。非科学的と言いたくなるが、そのような系が存在していることも事実なのである。逆に、必要条件でも十分条件でもとらえられない厄介な系に対しては、「科学」よりもこのような「哲学」というべき姿勢が有効なのではないかと思われる。

ドゥルーズ＝ガタリの議論は無責任ともいえるほどに粗暴である。これをシステム論の立場からサイバネティクスとシナジェティクスの中間に置き、洗練を加えるという構想を示すことで、本稿冒頭の4つの類型への言及を満たしたことにしたい。

A Synergetic Model for Self-Organization

Models are important for both theory construction and method of analysis, whether intuitively applied or positively used. Yet we have had thus far no effective models for system's structural change, which rejects to be formulated in necessary-sufficient or sufficient condition.

This article introduces synergetic model as one of the categories within General Systems Theory in the research of a social system. For this purpose we

formalize our synergetic model in accordance with Haken (1978), and delineate order parameter, adiabatic approximation and the compression of information mathematically, which are key concepts for synergetics just as negative feedback for cybernetics.

Cybernetics is the method to regard a structural change as a larger meta-system's structural working. So it treats structural change as necessary-sufficient or sufficient condition. This includes a methodological contradiction. Synergetics can avoid this difficulty by introducing the concept of fluctuation.

Of course we never claim that we could posit sufficient numbers of models for the analysis of social system, but social synergetics seems to promise ample possibilities for studying social phenomena, which have been lacking suitable frame of reference.

Key Words: synergetics, structural change, order parameter, adiabatic approximation

参考文献

- Ashby, W. R., 1956, An Introduction to Cybernetics, Wiley.
- Ashby, W. R., 1968, "Principles of the Self-Organizing System", in W. Buckley (ed.), Modern Systems Research for the Behavioral Scientist, Aldin.
- Bertalanffy, Ludwig von, 1968, General Systems Theory, George Braziller. 長野敬・太田邦昌訳「一般システム理論」, みすず書房, 昭和48年.
- Deleuze, Gilles et Félix Guattari, 1972, L'Anti Oedipe, Edition de Minuit. 市倉宏祐訳「アンチ・オイディプス」, 河出書房新社, 昭和61年.
- Haken, Hermann, 1975, "Cooperative Effects in Systems Far from Thermal Equilibrium and in Nonphysical Systems", Rev. Mod. Phys., 47, 67.
- Haken, Hermann, 1978, Synergetics — An Introduction, Springer. 牧島邦夫・小森尚志訳「協同現象の数理」, 東海大学出版会, 昭和55年.
- Haken, Hermann, 1983, Advanced Synergetics, Springer. 斎藤信彦他訳「シナジェティクスの基礎」, 東海大学出版会, 昭和61年.
- Hart, H. L. A., 1961, The Concept of Law, Oxford at Clarendon Press. 矢崎光圀他訳「法の概念」, みすず書房, 昭和51年.
- 今田高俊, 1978, 「自己組織系の論理と社会発展論」, 『思想』第 647号.
- Jantsch, Erich, 1980, The Self-Organizing Universe, 芹沢高志・内田美恵訳「自己組織化する宇宙」, 工作舎, 昭和61年.

- 北川敏男, 1973, 「サイバネティクスと情報科学」, 「数理科学」No.119.
- Monod, Jaques, 1970, Le hazard et nécessité, 渡辺格・村上光彦訳「偶然と必然」, みすず書房, 昭和47年.
- Nicolis, G. & Ilya Prigogine, 1977, Self-Organization in Nonequilibrium Systems, Wiley. 小島・相沢訳「散逸構造」, 岩波書店, 昭和55年.
- Shibutani, Tamotsu, 1966, Improvised News: A Sociological Study of Rumor, 広井脩他訳「流言と社会」, 東京創元社, 昭和60年.
- Weinberg, Gerald M., 1975, An Introduction to General Systems Thinking, Wiley. 松田武彦監訳「一般システム思考入門」, 紀伊国屋書店, 昭和54年.