

カオスと組織進化 (2)

長谷川 光 圀

第6仮説-1 系の秩序は、集団的自己触媒作用を営む系の振舞いから生じ、アトラクターによって安定する。

先ず、ゲノム (genom) が存在しないというのに、秩序はいかにして生じたのであろうか。カウフマンの提示したプール式ネットワークに着目しよう。

各酵素のとる活動は、オンとオフしかなく、酵素は、それらの間をスイッチできると仮定する。即ち、各酵素は各瞬間に活動的であるか、あるいは非活動的であるかのいずれかである。加えて、反応の基質あるいは生成物についても、存在するか否かのいずれかであるとする。これらの仮定は、実際的ではないが、結果の本筋をとらえるためである。上述では、分子とその反応をボタンと糸に喩えたのであるが、ここでは、酵素、基質、そして生成物の物質代謝のネットワークを導線によって繋がれた電球のネットワーク、つまり電気回路と見なし、他の分子に触媒作用を及ぼす分子は、他の電球を点灯する電球とし、分子が互いの形成を抑制する分子は、他の電球を消灯する電球と見なすことにする⁵¹⁾。このネットワークの振舞いもまた、適当な条件が与えられると、周期性パターン、即ち秩序が自発的に生じると⁵²⁾。では、なぜ秩序が自発的に生じるのか。これを理解するために、自己触媒セットを電気回路網と見なす。その結果、回路網がとることのできる可能な状態の数は、膨大なものとなる。すべての電球は消灯しているかあるいは点灯しているかのいずれかであるこの2つの極端な状態の間には、無数の組み合わせが存在している。今、100個から成るネットワークを想定すると、それぞれの電球は、2つの可能な状態、オンまたはオフのどちらかを取ることができる。この時可能な配置の仕方は、2の100乗となる。さらに、自己触媒作用を営む物質

51) Kauffman, S., *Ibit.*, pp.74~75. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 138~139頁。

52) Kauffman, S., *Ibit.*, p.75. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 140頁。

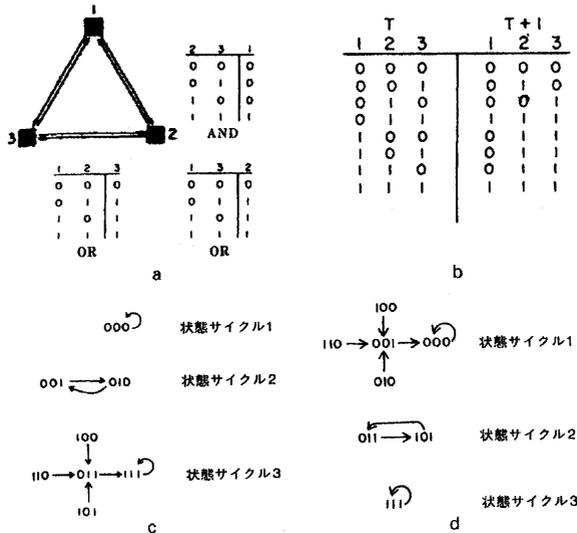
代謝の場合には、おそらく1000種類の分子が存在するので、可能性の数はさらに膨大となり、2の1000乗に達する。この可能な振舞いの集合のことを状態空間という。反応系が、その中では自由に振舞うことができる宇宙だと考えることができる⁵³⁾。

さらに、具体化するために3つの電球から成る単純なネットワークが想定される(第5図を参照)。図の中で、aはそれぞれの電球が他の2つから入力を受け取り、矢印はそれを信号の流れで示している。従って、電球2と3から電球1へと向かう矢印は、電球1が電球2と3から入力を受け取っていることを示す。加えて、配線図を描くとともに、受け取る信号に対する各電球の応答を知る必要がある。各電球は、オンとオフの2つの値-1と0-しか取り得ないので、受け取ることの可能な入力パターンは、次の4種類である。即ち、両方の入力オフ(00)、一方がオンで他方がオフ(逆もあり、10, 01)、そして両方の入力オン(11)である場合である。以上の前置きから、受け取る入力と信号に対して、各電球が活動状態(1)をとるか、非活動状態(0)をとるかを特定する規則表を作成することができる⁵⁴⁾。ここで、ブール式ネットワークを完成するために、電球1にはAND関数(電球2と3が前に活動状態にある時のみ、電球1は活動状態になる)を割り当て、電球2と3にはOR関数(電球2と3の両方あるいはいずれかが前に活動状態にある時に、電球1は活動状態になる)を割り当てる。すると、時計がカチッと音をたてるたびに、それぞれの電球は2つの入力の活動を調べ、おのおのブール関数(AND関数、OR関数)によって特定される1、または0の状態を受け入れる。その結果、電球が点灯したり、消灯したりするパターンが次々と万華鏡のような明滅をもって現れ始める。図のbが示しているのは、000から111までのネットワークが取りうる8つの可能な状態である。上から下に見ると、右半分は、各電球を支配するブール規則を特定し、左から右に見れば、時刻Tにおける全体の系の状態とおのおのに対する一瞬後の時刻T+1における全体の系とおのおのの状態を示している。た

53) Kauffman, S., *Ibit.*, p.75. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 140頁。

54) Kauffman, S., *Ibit.*, pp.75~76. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 140~141頁。

第5図 プール式ネットワーク



- (a) 3つの2値要素からなるプール式ネットワークにおける導線の図。各要素は、他の2つの要素に「入力」情報を与えている。
- (b) 前項(a)で示されたブール代数の規則を一覧表にしたもので、時間Tにおける $2^3=8$ のすべての状態と、次の時間ステップT+1に各要素がとる状態を示している。左から右に読むと、各要素の時間的な動きがわかる。
- (c) 前2項の(a)と(b)に記述されている自主的なプール式ネットワークの状態転移グラフ、または、「行動場」。状態の次々の移り変わりを矢印で示している。
- (d) 要素2の規則を、ORからANDへ突然変異させる効果。

Kauffman, S., *AT HOME IN UNIVERSE: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, 1995, p.76.

だし、これは、すべての電球が同時にその新しい状態1または0を受け入れると仮定した場合である。かくして、われわれは、小さいネットワークの振舞いを理解し始めていると⁵⁵⁾。即ち、系は有限の数、ここでは8つの状態をとりうる事がわかる。もし1つの状態からスタートすれば、時間の経過とともに、系はある一連の状態を通過して変化していく。この一連の通過する状態のことを軌道と呼ぶ(図のc)。有限の状態しか存在しないので、系は以前に偶然に出会った状態に、ついにはたどり着くに違いない。この系は、決定論的であるから、系は状態サイクルと呼ばれる状態の回帰的なループを

55) Kauffman, S., *Ibit.*, p.77. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 141~142頁。

繰り返すことになる。さて、ネットワークは、スタートする際の最初の状態—オンとオフ—によって、様々な軌道を現す。そして、あるところで、繰り返しの状態サイクルに落ち込む(図のc)。あらゆる振舞いの中で最も単純なものは、1と0から成り、ある1つのパターンだけの状態サイクルにネットワークが落ち込む場合である。このような状態の系は、変化しない。他方、状態サイクルの長さは、状態空間内の全状態数にもなりうる。このサイクルに捉えられた系は、すべてのパターンを次から次へと繰り返す。想定している3つの電球の系では、8つの可能な状態を通過しながら定常的な明滅パターンを現すことになる。ここでは、状態の数が非常に少ないので、われわれは、その明滅パターンをすぐ見抜くことができる。

そこで、もっと大きいネットワークを考えてみる。例えば、1000個の電球を持ち、従って可能な状態の数が2の1000乗となるケースを想定してみる。そして、ネットワークがこの超天文学的な数の状態のすべてを通過するような状態サイクルにあったとする。この場合に、状態が移り変わるには、1兆分の1秒しかかからないと仮定しても、この系がその軌道を1回りするのを見るには、宇宙の年齢程度の時間の長さでも、不可能であると⁵⁶⁾。かくして、カウフマンは、ブール式ネットワークに関して最初に理解すべき点は、次のことであるという。即ち、どんなネットワークも、状態サイクルに落ち着く。しかし、その再帰パターンに含まれる状態数は、少ないかもあるいは数そのものが無意味になる程多いかもしれない。1つの定常的な状態のみが含まれるかもしれないし、天文学的な数の状態を含むかもしれない。小さな状態サイクルに落ち込んだ系は、規則的な仕方では振舞う(秩序の生成)。しかし、状態サイクルが非常に大きなものになると、系の振舞いは、本質的に予測不可能になると⁵⁷⁾。では、小さい状態サイクルを示す系が安定的な振舞いとなる状況は、どのようにして起こるのであろうか。それは、無償の秩序(order for free)の一部なのか。カウフマンは、この疑問に答えるにはアトラクター(attractor)の理解が必要であるという。即ち、複数の軌道が同じ状態サイク

56) Kauffman, S., *Ibit.*, p.77~78. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 142頁, 144頁。

57) Kauffman, S., *Ibit.*, p.78. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 144頁。

ルに落ち込むことがある。つまり、これらの軌道の異なる初期パターン、そのどれからネットワークが発射しても、一連の状態を通過して激しく変化した後、同じ状態サイクル、即ち同じ明滅のパターンに落ち着くことがある。この状態サイクルがアトラクターであり、そこに流れ込む軌道の集合は、「引き込み領域 (basin of attractor)」と呼ばれる。大雑把に言えば、アトラクターを湖、そして引き込み領域をその湖に流れ込む水の流域であると見なすことができる。図のaからcの小さなネットワークは、3つの状態サイクルを持つ。しかし、3番目の状態サイクルのみが、アトラクターの引き込み領域を持っている。従って、この状態サイクルでは、秩序の安定が保証される⁵⁸⁾。

企業組織においても、集团的自己触媒の振舞いと類似した現象、即ち私の言う協同的自己醸生の振舞い(思考と活動の共有化とシナジー作用)から、秩序が生ずると考えられる。秩序は、組織の最も基本的な属性である。塩原勉は、利益分配との関わりを強調している⁵⁹⁾。私は、それを十分に理解できるが、ここでは、それを所与として考えることにする。さて、秩序は、伝統的にも、今日的にも組織全体に対する諸単位あるいは諸変数の相互依存の関係(interdependence)の中に存するとされている。そして、その相互依存は、諸単位あるいは諸変数の間に特定の関係が存在するということにあるが、その関係は、変異に対する無作為性とは対照をなすものである。換言すると、相互依存とは、全体の中の構成要素間に存在する秩序のことである。以下では、相互依存をコミュニケーション、人、位置から成るネットワークと想定し、トヨタ自動車工業の初期の秩序生成について明らかにしてみたい。トヨタ自動車工業株式会社(以下、トヨタ自動車工業)は、昭和12年8月28日に設立された。しかし、協同的自己醸生作用の振舞いからトヨタ自動車工業に組織システムとしての秩序が生成したのは、昭和12年8月以前の豊田自動織機製作所を母体とする自動車製造事業への準備期間においてであった。先ず、コミュニケーションは、通常では人々が自分の意見や体験したことを互いに

58) Kauffman, S., *Ibit.*, p.78. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 145頁。

59) 塩原勉, 『組織と運動の理論—矛盾媒介過程の社会学』, 新曜社 1979年, 9頁。

交換する方法として生ずる。また、広く考えると、製品やサービスを配給する行為にも、内容を持ち、理解されなければならないとするならば、常に直接的にあるいは間接的にコミュニケーションを伴わなければならない。トヨタ自動車工業の創業者は、豊田喜一郎である。彼以外に真の創業者と呼べる人物はいないからである⁶⁰⁾。豊田喜一郎は、いう。“私の父が自動車を作らぬかと何度も云うたかわからない。しかし其れを躊躇して3年も4年も手を着けなかった”⁶¹⁾と。1930年代の日本のように、産業全般の技術的水準がまだ低い状況では、一民間企業組織が自動車製造業に乗り出すことは、いささか無謀な試みである。自動車産業は、裾野が広い産業である。裾野が広いということは、一企業組織あるいは一企業家の努力のみでは解決できない問題が多々あることを意味する。そうだからといって、自動車製造事業に投入できる技術的、資金的、組織的な能力が無制限でない以上、自ら傘下に自動車製造に関連する全産業を支配下におくことも不可能に近い。従って、自動車製造事業を創造し、一定程度の成功に導くことは、産業全般の技術的水準が低ければ低いほど困難である。そこで、彼には、非常に慎重な下準備の期間が必要であった。この意味で、喜一郎と父（佐吉）とのコミュニケーションは、化学反応に喩えるならば、弱い反応で触媒作用の反応（反応の速度を速める働き）にとどまっていると考えることができる。即ち、秩序の生成には、結びつかないのである。

化学反応にいう自己触媒作用の振舞いが見られるようになるのは、昭和8年9月以降である。即ち、「昭和8年（1933年）頃にやっと、「自動車」の技術的基礎も或る程度まで出来た。「豊田自動織機」の会社としての経済状態も悪くはない。この際に、・・・思い切って其の製作に取りかかったのが昭和8年9月1日であった”⁶²⁾と。そして、この日をもって、豊田喜一郎常務取締役は、公式的に自動車事業部の最高責任者に着任することとなった。彼は、同時に自動車製造事業への進出を語り、積極的賛同者であり、進取の気性に富んだ信念と実力のある人材を社内外から集めた。例えば、社内か

60) 和田一夫編、『豊田喜一郎文書集成』、名古屋大学出版社 1999年、1頁。

61) 和田一夫編、『前掲書』、5頁。

62) 和田一夫編、『前掲書』、10頁。

ら大島利三郎、岩崎次郎、白井武明、山本由夫、千種次郎吉、池田佐助、社外から管隆俊、深田弁三、池永龍、伊藤省吾、神谷正太郎等⁶³⁾を結集した。この人材の結集のための豊田喜一郎のコミュニケーションは、化学反応系の自己触媒作用に相当する。つまり、分子が自らと同じ分子を生み出す働きは、自動車製造事業への熱意ある積極的賛同者を集める行為と非常に類似するものであると考えられる。また、そのようなコミュニケーションは、自己触媒作用から自己触媒作用のセットあるいは自己醸生作用から自己醸生作用のセットに成長し、最終的に集団的自己触媒作用あるいは協同的自己醸生作用にまで発展する。その境界の一つは、人材の結集のコミュニケーションの途上で自己触媒作用あるいは自己醸生作用のセットが生成し、人材結集の最終段階において結集された人々の間の相互のコミュニケーションで集団的自己触媒作用あるいは協同的自己醸生作用が生ずるものと考えられる。この集団的自己触媒作用あるいは協同的自己醸生作用は、必然的にトヨタ自動車工業創業の準備期（自動車部の時代）に秩序をもたらした。即ち、自動車製造事業部の組織システムの目標（つまり、わが国の自動車の国産化と大衆化）に対する諸単位の決定、つまり部分役割の決定、そして相互依存の合理的関係の構築が必然化したということである。もし組織システム全体に対する諸単位の相互依存の関係が構築できなければ、人材を結集しても単なる“烏合の衆”となり、1台の自動車も生産できないであろう。事実、喜一郎は、人材を適材適所に配置し、しかもそれらの人々を生産システムの技術的合理性に従って部分役割（位置）を決定しているのである。即ち、自動車試作責任者としての大島利三郎、設計責任者としての岩崎次郎、設計担当者としての白井武明、山本由夫、製造責任者としての千種次郎吉、自動車部品の機械加工責任者としての池田佐助、社外からエンジン製作責任者としての管隆俊、特殊鋼製造責任者としての深田弁三、乗用車設計責任者としての池永龍、自動車検査業務の責任者としての伊藤省吾、販売責任者としての神谷正太郎等⁶⁴⁾である。かくして、トヨタ自動車工業の前身である自動車製造事業部において、

63) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『トヨタ自動車30年史』、トヨタ自動車工業株式会社 1967年、40～42頁。

64) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『前掲書』、40～42頁。

最初の組織システムの秩序が生成したのである。そして、この秩序は、主にフォーマル・コミュニケーションあるいはフォーマル・コミュニケーション・ネットワーク (formal communication or formal communication network) として具象化されることになる。

だが、注意してほしい。フォーマルな秩序あるいはフォーマル・コミュニケーションだけでは、組織システムを維持することはできない。変化する環境にあっては、組織システムの秩序の維持は、常に組織システムの存続の問題を孕んでいるのである。例えば、組織システムが機能し始めると、やがて公式的な秩序とは異なる秩序が表面化する。即ち、メーヨー、レスリスパーガー、そしてディクソン達は、ホーソン工場 (Hawthorne Shop in Western Electric Company) の巨大な労働組織の中に、公式的秩序と並んで独自の規範やコミュニケーション、そして独特の論理等を持った秩序が発達していたことを数年間に及ぶ実験から発見した⁶⁵⁾。この発見は、組織システムの公式的秩序の独占をゆるがす存在となり、やがて非公式的秩序あるいは非公式的組織 (informal order or informal organization) といわれるようになった。この非公式的秩序は、とりわけ感情面に基礎を持ち、職場での個人的要求に応じるかたちで自然発生的に生ずる。また、それは、組織システムの公式的協働計画化に直接にあるいは間接に影響を及ぼすことで、計画化の修正を余儀なくさせる。このことから、公式的秩序または公式的組織と非公式的秩序または非公式的組織との機能的相互関係の分析が重要になる。バーナードは、周知のように非公式的組織は公式的組織を補完する関係にあると述べている⁶⁶⁾。しかし、この理解では、理論的困難は克服されない。そこで、彼は、協働生活が存続するかどうかは、相対的に安定した相互的行動期待 (つまり、目標に向けての協働的貢献の期待と報酬の期待) を形成でき、かつまたその期待が一定の信頼のもとに満たされるかどうかにかかっているという根本的

65) Mayo, E., *The Human Problems of an Industrial Civilization*, Macmillan 1933. 村木栄一訳, 『産業文明における人間問題』, 日本能率協会 1951年. Roethlisberger F. J., *MANAGEMENT and MORALE*, Harvard University Press 1941. 野田一夫, 川村欣也訳, 『経営と勤労意欲』, ダイヤモンド社 1965年。

66) Barnard, C., *THE FUNCTIONS OF THE EXECUTIVE*, Harvard University Press 1938, pp.122~123. 山本安次郎, 田杉競, 飯野春樹訳, 『経営者の役割』, ダイヤモンド社 1989年, 128~129頁。

秩序形成の法則に遡る。即ち、これが、有名な貢献と誘因 (contribution and inducement) の均衡化理論である⁶⁷⁾。この貢献と誘因の均衡化は、環境の変化をうけながらも、かろうじて維持され、組織システムの安定化を支えるのである。さらに、重要なのが化学反応と同様に、アトラクターの働きである。然らば、組織システムにおいてアトラクター (引き込み) が存在するのであろうか。私は、組織文化がアトラクターの機能を持つものと考えている。組織文化は、組織システムにおける思考や活動を特色づける基本的価値、態度、信念等であるが、トヨタ自動車工業においては昭和10年10月30日に、豊田綱領として公表された。つまり、

1. 上下一致、至誠業務に服し、産業報国の実を挙げべし
2. 研究と創造に心を致し、常に時流に先んずべし
3. 華美を戒め、質実剛健たるべし
4. 温情友愛の精神を發揮し、家庭的美風を作興すべし
5. 神仏を尊崇し、報恩感謝の生活を為すべし

この精神あるいは基本理念は、戦前・戦後のトヨタ自動車工業の発展において、全く変わることなく全社員の思考と実践活動の精神的支柱として引き継がれてきていると⁶⁸⁾。この組織文化は、いうまでもなくトヨタ自動車工業への全社員のコミットメント (引き込み) を強化するあるいは促進する働きを持っているのである。従って、組織システムの秩序は、環境の変化にさらされながらも、アトラクターの支援的働き (組織文化の働き) によって、かろうじて安定的に維持されるのである。

第6仮説-2 集团的自己触媒作用を営む系の振舞いが、秩序状態に存在するか、あるいはカオス状態に存在するかは、それぞれの電球の受け取る入力の数とブール関数によって特定される入力パターンとの2変数で決定される。

カウフマンは、30年に及ぶ研究成果を次のように要約している。ブール式ネットワークは、2つの性質によってどのような状態、即ち秩序状態、カオ

67) Barnard, C., *Ibit.*, pp.245~246. 山本安次郎, 田杉競, 飯野春樹訳, 『前掲書』, 255~256頁。

68) 佐藤義信, 『トヨタ・グループの戦略と実証分析』, 白桃書房, 1993年 19頁, 20頁。

ス状態,そしてそれらの間の相転移的状态になるかを決定することができる。第1の性質は,それぞれの電球を制御している入力の数である。つまり,それぞれの電球が他の1つまたは2つのみの電球から制御されている場合には,換言すればネットワークがまばらに結合している場合には,系は驚くべき秩序を示す。他方,各電球が他の多くの電球から制御されている場合には,系はカオス的になる。従って,ネットワークの結合性を調整すれば,秩序あるいはカオスのどちらが出現するかを調節することができる。秩序あるいはカオスの創発をコントロールする第2の性質は,制御規則そのものの単なる偏りである。つまり,いくつかの制御規則,例えばブール関数(AND関数やOR関数)は,規則的な振舞いをつくり出す傾向を持つものに対して,別の制御規則は,カオスをつくり出すと⁶⁹⁾。この研究成果の導出のためにカウフマンが用いた方法は,一般的と思える種類のネットワークが秩序とカオスのどちらを示すかを調べるものである。具体的には,ネットワークの種類を注意深く定義すること,そしてある種類の中からランダムに選ばれた多くのネットワークをコンピューターを用いてシミュレートすることである。例えば,1000の電球(このパラメーターをN)からなり,1つの電球当たり20個の入力(パラメーターをK)を受け取るネットワークの集合を調べる。N=1000とK=20が与えられた時には,ネットワークの集合は,非常に大きな集団となる。次に,1000の電球にそれぞれ20個の入力をランダムに割り当て,また可能なブール関数の1つをこれまたランダムに割り当てる。そして,その集団の中からサンプルを抜き出すのである。そうした時に,ネットワークの振舞い,アトラクターの数,アトラクターの長さ,摂動や突然変異に対するアトラクターの安定性,その他を調べることができる。さらに,サイコロをもう一度投げれば,同じ一般的と思える性質をそなえた別のネットワークの配線をランダムに作り上げることができる。そして,その振舞いを調べる。サンプルが増えるに従って,ブール式ネットワークの集団についての詳細な描写が可能となる。再び,NとKの値を変えると,別の集団についての描写が

69) Kauffman, S., *AT HOME IN UNIVERSE: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, op. cit., pp.80~81. 米沢富美子監訳,『自己組織化と進化的論理-宇宙を貫く複雑系の法則-』,150頁。

浮かび上がらせることができる。こうした膨大な実験を何年も続けていると、様々なパラメーターを持つネットワークが身近なものになってくると⁷⁰⁾。まず、各電球が他の1つの電球だけから入力を受け取るようなネットワークを考える。この $K=1$ のネットワークでは、特に面白いことは生じない。このケースは、速やかに短い状態サイクル (state cycles) に落ち込んでしまう。そのサイクルは、しばしば1個だけの状態、1個だけの電飾パターンから成り立つほどに短いものである。こうした $K=1$ のネットワークをスタートさせると、凍結して変化しなくなり、やがて同じ電飾パターンを繰り返すことになる。次に、反対の極限、 $K=N$ のネットワークを考えてみる。 $K=N$ は、各電球が自己自体を含め、すべての電球から入力を受け取ることを意味している。この時、ネットワークの状態サイクルの長さが状態変数の平方根になる。これが意味するところは、わずか200の2進変数—オンとオフから成るネットワークでも、可能な状態の数は2の200乗個あるいは10の60乗個である。従って、状態サイクルの長さは、状態の数で約10の30乗個となる。ネットワークをオンの電球とオフの電球、あるいは1と0のある任意のパターンからスタートさせる。ネットワークは、アトラクターに引っ張られ、繰り返しのサイクルへと入っていく。しかし、このサイクルは、ほとんど計り知れない程に長いものとなる。仮に状態から状態へ推移するのに、ネットワークは、100万分の1秒かかるとしよう。この時、この小さなネットワークは、その状態サイクルを1周するのに100万分の1秒の10の30乗倍の時間を必要とする。これは、宇宙の150億年にわたる歴史の数十億倍に等しい。従って、ネットワークが状態サイクルを示し、アトラクターに落ち着いているという事実を、実際には観察できない⁷¹⁾。だが、残念がることはない。われわれは、秩序だった振舞いが生じるに足りる法則を探求しているのであると⁷²⁾。ボール式ネットワークは、非平衡状態にある開いた熱力学系である。わずか200の電球から成る小さなネットワークがパターンを繰り返すことなく、無限の未来に向けて明滅を続けることができる。従って、非平衡状態にある開いた

70) Kauffman, S., *Ibit.*, p.81. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 151頁。

71) Kauffman, S., *Ibit.*, pp.81~82. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 151~152頁。

72) Kauffman, S., *Ibit.*, p.82. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 153頁。

熱力学系には、秩序が自動的にそなわることは決してない。ただ、 $K=N$ のネットワークも、わずかに秩序の兆候を示す。即ち、ネットワークのアトラクターの数、つまり湖の数は、 N/e のみである(e は、自然対数の底で2.71828)が、10万の2進変数から成る $K=N$ のネットワークでは、それらのアトラクターの数が3万7000存在することになる。勿論、この数は大きいですが、状態空間の大きさ2の10万乗と比べると、はるかに小さい。このネットワークに摂動を与えてみる。1個の電球をオフからオンへ、あるいは逆にしてみる。そうすると、 $K=N$ のネットワークから極端なバタフライ効果(butterfly effect)を得ることになる。1ビットをひっくり返すと、この系はほとんど確実に他のアトラクターの支配下に入り込む。長さの状態の数で10の1万5000乗にも達するアトラクターが3万7000も存在するので、わずかなゆらぎは、系の将来の展開を全く変えてしまう。この結果、この $K=N$ のネットワークは、非常にカオス的であり、集団に対して無償の秩序は存在しない。さらに激しく、ある電球のブルール規則をランダムに交換して、そうしたネットワークを発展させてみる。この時に、ネットワーク内の状態遷移の半分が変化し、古いアトラクターや状態サイクルを消し去ってしまう。ここでは、小さな変化が大きな振舞いの変化を引き起こすのである。優雅で小さな変異、自然淘汰が働きかけるべき遺伝可能な変異といったものは、この集団には存在しない。ほとんどのブルール式ネットワークは、カオス的であり、小さな突然変異について優雅さを欠いている。 K が N よりずっと小さい、 $K=4$ あるいは $K=5$ といったネットワークでさえも、予測不可能で、カオス的振舞いを示す。その振舞いは、 $K=N$ のネットワークにみられるものと非常に類似していると⁷³⁾。

それでは、秩序は、どこから生ずるのであろうか。カウフマンは、いう。秩序は $K=2$ のネットワークにおいて突然に生ずる。このネットワークでは、状態サイクルの長さは状態数の平方根とはならず、大雑把に言って2進変数の数の平方根となる。このことを詳しく説明しよう。ランダムに構成された $N=10$ 万の電球から成るブルール式ネットワークを考える。電球のそれぞれは、

73) Kauffman, S., *lbit.*, p.82. 米沢富美子監訳、『前掲書』, 153~154頁。

$K=2$ の入力を受け取っているとする。この場合には、配線図はめちゃくちゃに混ぜられた寄せ集め、奥の知れないジャングルのように見える。各電球にも、プール関数がランダムに割り当てられている。従って、その論理構造も、同様にめちゃくちゃな寄せ集め、でたらめに組み立てられた寄せ集め、単なるがらくたとなる。系は、 2 の10万乗個あるいは10の3万乗個の状態を持つ。いわば、状態空間という可能性の宇宙が数メガパーセクも広がっているのである。何が、起こるのか。この巨大なネットワークは、速やかに、そしておとなしく落ち着き、電球の数10万の平方根、即ちわずか約317個の状態の間を循環することになる。ここに仰天する程、“すばらしい秩序”が生ずる。状態が遷移するごとに100万分の1秒かかるとして、ランダムに組み立てられ、どんな知性にも導かれないネットワークがアトラクターを100万分の317秒で1回りしてしまうのである。これは、宇宙の歴史の何十億倍という時間とは比較もできないくらい短い時間である。317個の状態、これが何を意味しているのか。換言すれば、“系が自己自体を押し込めているのは、全状態空間の中のいかに小さな部分である”ことか。たった317個の状態というのは、全状態空間の中のきわめて小さな部分でしかない。およそ10の2万9998乗分の1である。われわれは、秩序を探求している。すでに述べたように、閉じた熱力学系については、気体の分子が稀有な配置（例えば、隅の1つに凝集された配置や箱の1つの面に並行になるように広げられた配置）から、一様な配置を目指して拡散する。開いた熱力学系では、自発的な振舞いが系を状態空間の隅の微小な空間に押しやり、そこで永遠に振動するようにひきとめておく。つまり、無償の秩序である。これらのネットワークでは、秩序は様々な形で顔を出す。近い状態どうしは、状態空間の中で互いに近づき合う。換言すれば、類似した2つの初期パターンは、同じ引き込み領域の中に入る可能性が高いので、系は同じアトラクターに落ち込むことになるだろう。このような系は、初期条件への鋭敏性を示さず、カオス的でもない。その結果として生ずるのは、恒常性である。即ち、この系のネットワークは、一度アトラクターに乗ってしまえば、摂動を受けたとしても、非常に高い確率で

アトラクターに戻ってくることになる。つまり、このたぐいのネットワークでは、恒常性は無償で手に入るのである⁷⁴⁾。

K が 2 よりも大きいネットワークでも、カオス的ではなく、規則的になるように調節する方法がある。カウフマンの同僚であるデリダとワイスバックは、P と呼ばれる変数を調節すれば、カオス的なネットワークを規則的にすることができることを示した。第 6 図は、それぞれ 4 つの入力を持つ 3 種類のブール関数を示している。そして、それらの各々の中で、入力側の 4 つの電球の状態「0 0 0 0」から「1 1 1 1」までの可能な 16 種類の状態のそれぞれに対して、支配される側の電球の応答が特定される。つまり、図の a に示されたブール関数では、支配される側の電球の応答のうち半分が 1 で、残り半分が 0 である。図の b に示されたブール関数では、応答のうち 15 個は 0 で、残り 1 つのみが 1 である。図の c で示されたブール関数では、b の逆で応答のうちの 15 個は 1 で、残り 1 つのみが 0 である。そして、P は、ブール関数の応答において 1 が半分で、0 が半分という応答からの偏りを測定するパラメーターである。

従って、a のブール関数に対する P は 0.5 である。他方、b のブール関数に対する P は $15/16$ 、つまり 0.9375 であり、c のブール関数に対する P も $15/16$ 、つまり 0.9375 である。彼等は、偏りが無い 0.5 の値から始めて、最大の 1.0 の値まで P を増加させて、様々なネットワークを作り、観察した。その結果、パラメーター P が 0.5、あるいは 0.5 より少しだけ大きい値をとるようなネットワークはカオス的であり、P が 1.0 に近いネットワークは規則的であることが分かった。ここでは、ネットワーク内の電球には 2 つの応答のタイプしかない。1 つのタイプは、どんな入力パターンに対しても 0 と応答し、もう 1 つのタイプは、どんな入力パターンに対しても 1 と応答する。このことから、どのような状態からネットワークを出発させても、0 のタイプの電球は 0 と応答し、1 のタイプの電球は 1 と応答するので、ネットワークは、対応する 0 と 1 の値のパターンから変化しなくなり、永遠にこの定常状態にとどまることになる。従って、パラメーター P が最大の時には、ネットワー

74) Kauffman, S., *lbit.*, pp.83~84. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 154~156頁。

第6図 パラメーター P の変更とネットワーク

A	B	C	D	E	A	B	C	D	E	A	B	C	D	E
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1
0	0	1	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1
0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	1	0	1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1
0	1	1	0	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1
0	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1
1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	0	0	0
1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1
1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0
1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1
1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	0
1	1	0	1	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	0
1	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1

- (a) 4つの入力をもつブール関数。16の入力配置のうち8つが0の反応を与え、残りの8つが1の反応を与える場合。P=8/16=0.50
- (b) 16の入力配置のうち、15が0反応を与える場合。P=15/16=0.9375
- (c) 16の入力配置のうち、15が1反応を与える場合。P=15/16=0.9375

Kauffman, S., *AT HOME IN UNIVERSE: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, 1995, p.84.

クは秩序状態に、パラメーター P が0.5の時には、1つの電球毎の入力の数が大きいようなネットワークは、カオス的狀態になるということになる。かくして、彼等はどんなネットワークに対しても、ネットワークがカオス的情況から規則的情況に轉換するような、臨界的なPの値が存在することを明らかにしたのである。即ち、相転移点あるいはカオス邊緣である⁷⁵⁾。

企業組織については、秩序状態に存在するかあるいはカオス状態に存在するかに関して、ブール式ネットワーク・モデルのシミュレーションのように変数の関係式によってうまく説明できない。そこで、先ず、秩序状態を生み出す競争優位性の主な決定要因について、次にカオス状態に落ち入らせる競争劣位性の主な決定要因について言及したい。競争優位性の決定要因としては、第1に価値、稀少性、模倣困難性、そして組織に求められる。ここで、価値は環境の機会を価値創造に結びつけたり、また脅威を中和することので

75) Kauffman, S., *Ibit.*, pp.84~85. 米沢富美子監訳、『前掲書』, 157~158頁。

きるもの、稀少性は当該経営資源が市場に存在しないもの、模倣困難性は当該経営資源を模倣することも、代替的に入手することもできないもの、そして組織は環境変化に対処して全体の活動を再統合し、再調整することである。だが、競争優位性の決定要因は、これだけにとどまらない⁷⁶⁾。競争優位性の決定要因は、第2に価値連鎖のありかたに求められる。然らば、トヨタ自動車工業の競争優位性は、何に求められるのであろうか。野村正實は、いう。トヨタ生産方式（リーン生産方式でなくトヨタ生産方式とする）は、手工業生産の高コスト、大量生産の硬直性を回避しながら両者の長所を結びつける。この目的に向かって、トヨタ生産方式は組織のあらゆるレベルで多能工のチームを編成し、高度にフレキシブルでますます自動化されていく機械を使って膨大な種類の製品を生産する。トヨタ生産方式は、大量生産方式に比べてあらゆるものを少なく消費する。トヨタ生産方式は、半分の工場労働量、半分の製造ペース、半分の機械投資、半分の新製品開発時間、半分をはるかに下回る在庫を必要とするだけである。欠陥品は大幅に減少し、そして製品種類は、たえることなく増大していく。大量生産方式とトヨタ生産方式との最も目立つ違いは、最終目標にある。大量生産方式は、「充分な水準」という限定された、目標を設定している。それは、翻訳すれば許容できる欠陥率、許容できる在庫水準、標準化された少数の製品種類を意味する。トヨタ生産方式は、明確に完璧をめざす。絶えざるコスト削減、欠陥ゼロ、在庫ゼロ、そして無限の製品種類である。トヨタ生産方式は、働き方を変革する。ほとんどの人は、ブルーカラーも含めトヨタ生産方式が広がるにつれて、自分達の仕事をますますやりがいのあるものと思う。彼等は、間違いなく一層生産的になる。同時に、彼等は、仕事に一層のストレスを覚えるかも知れない。というのは、トヨタ生産方式の一つの中心目標は、責任を組織のずっと下におろすことにあるからである。責任は、自分の仕事に対するコントロールの自由を意味していると⁷⁷⁾。ただ、稀少性と模倣困難性から見れば、トヨタ生産

76) 内田恭彦、「日本企業の知的資産マネジメント—資産合理の知的資産経営とレポートニングの方向」、古賀智彦、榊原茂樹、與三野禎倫編、『知的資産ファイナンスの探求』、中央経済社 2007年、62～64頁。

77) 野村正實、『トヨタイズム—日本型生産システムの成熟と変容』、ミネルヴァ書房 1995年、5頁。

方式は内外の自動車メーカーにおいて大なり小なり採用され、またその他の内外の製造業社にも採用されている。従って、稀少性と模倣困難性という点では、高い評価を与えることはできないであろう。しかし、それだけではない。トヨタ自動車工業は、“研究と創造に心を致し、常に時流に先んずべし”の精神の下に最先端の技術を導入し、新製品開発に尽力を続け、業界を先んじていること（例、ハイブリット車という最高環境品質の製品）も決定要因としてあげねばならない。かつまた、トヨタ自動車工業は、生産と販売において競争優位性を確保すべく価値連鎖に基づいてグローバルに分業的に配置する戦略を展開していることも決定要因に加えなければならない⁷⁸⁾。この意味で、競争優位性は、複合的要因の結果であるといえる。付言すれば、同時に、競争優位性を持続することは、至難の業ということである。

次に、競争劣位性の決定要因としては、第1に破壊的技術革新、政治・政策の激変、経済大不況である。破壊的技術革新はそれ以前の技術的優位性を消滅させるもので、政治・政策の激変は特定産業を政府の統制下におくケースや特定産業に対する政府の保護政策が執られるケース等に見られる。経済大不況は不況が深く長期に起こる現象で、恐慌ともいう。例えば、トヨタ自動車工業は、終戦後の混乱の中で財閥解体、賠償問題等の影響を極力排除する努力をしたが、軍需補償の打ち切り、超インフレーションの高進、そして特にドッジ・ラインの実施によって極度の経営危機に遭遇した。まさに、カオス状態に入り込んだのである。終戦直後、経済破局を防止しようとして、東久邇内閣は膨大な臨時軍事費の支出を認め、その額は昭和20年11月のGHQ指令で禁止されるまでのわずか3カ月間に266億に達した。この巨額の臨時軍事費は軍人軍属の退職金並びに復員費として、あるいは軍需会社に対する未払い代金や注文の打ち切りに伴う損失補償金として支払われた。これらは、戦時中の耐乏生活の反動もあって、大衆の消費力となって巷にあふれ、戦後の超インフレーション進行の決定的な契機となった⁷⁹⁾。他方、物資生産の面でも、原料資材の不足は過剰購買力と相まって物価の高騰を呼び起こし、こ

78) 拙稿、「日本企業の成長戦略一分業と共生一」、東亜経済研究第64巻第2号 2006年、58頁、63～64頁。

79) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『トヨタ自動車30年史』、265頁。

れがまた生産費に圧力を加え、労働条件を低下せしめ、賃上げ争議を刺激し、企業組織の生産意欲と効率を阻害した⁸⁰⁾。最も打撃をうけたのは機械工業と自動車工業であった。終戦後の軍需から民需への転換によって軒並みに過剰設備、過剰人員に悩んでいたところへ、ドッジ・ラインの影響を受け、多くの企業組織は、トヨタ自動車工業も同様に存亡の危機、即ちカオスの危機に直面したのである。競争劣位性の決定要因は、第2に組織の病状としての寡頭制の支配、セクショナリズム、同調過剰、経営者の能力不足、財務管理の不適切性、高コスト体質、マーケティング不足である。寡頭制の支配は権力欲を満たす手段として権力的地位を独占するいわゆる独裁的ワンマン経営者に典型的に見られ、セクショナリズムは組織システムの全体利益の達成よりも部門の利益の極大化をはかる活動を優先し、同調過剰は現状に合わなくなった規則や規程を遵守し、対応を変えないことである。また、経営者の能力不足は経営者の主な役割が革新的経営についてリーダーシップを発揮することにあるにもかかわらず、管理者的職責にとどまってしまうこと、財務管理の不適切性は財務情報に疎くキャッシュフローや管理会計等の事前指標を用いた財務管理ができていないこと、高コスト体質は①規模と学習効果の劣位、②原料調達、労働力、生産方式の劣位、③過剰な間接費負担に原因し、そしてマーケティング不足は需要変化の調査や知識の欠如、新製品開発力の欠如、粗悪なアフターサービスにみられる。これらは、根本的には経営陣の能力不足（特に、コミュニケーション能力不足）に少なからず関係している。トヨタ自動車工業について見ると、終戦直後の極度の経営危機、即ちカオス状態を脱してからは、私のトヨタ自動車工業の発展あるいは成長への進化論的研究をとうして、競争劣位性にかかわる上述の決定要因を見いだすことができなかった。勿論、これは、それらの決定要因が皆無ということではなく、観察できる程に表面化していなかったという意味である。

第6仮説-3 集团的自己触媒作用を営む系の振舞いが、秩序状態からカオス状態へと続く座標軸上のそれらの間において、カオス辺縁（あるいは相転移点）に到達し、秩序の安定と柔軟性

80) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『前掲書』、265頁。

を獲得する。

われわれは、電球のブル式ネットワーク・モデルを用いて、電球1個当たりの入力の数を一故に、網状組織の中の電球間の結合の密度を一大きくするように調節すれば、ネットワークの振舞いは規則的なものからカオス的なものへと調節されること、また偏りのパラメーターPを0.5から1.0に調整することによっても、系はカオス状態から秩序状態へと変化することを見てきた。今や、その座標軸に沿ってそのネットワークの振舞いが、いかにして秩序の安定と柔軟性の両方を獲得するにいたるかを解明しなければならない。

カウフマンは、いう。糸とボタンとの比が0.5という値を超えると、連結した最も大きなクラスターのサイズが、小さいものからきわめて大きいものへと、突然にジャンプし・・・巨大クラスターが生まれる。これは、相転移である。これと非常によく似た種類の相転移が、電球のネットワーク・モデルにおいても起こる。構成要素の連結した巨大なクラスターが、ここでも現れるのである。しかし、この連結したクラスターは、ボタンのクラスターではない。それは、巨大な電球のクラスターである。各々の電球は、1または0の固定された活動状態に凍結している。この凍結した巨大クラスターが形成されれば、電球のネットワークは、秩序状態になる。それが形成されなければ、ネットワークは、カオス状態になる。この2つの状態の間で、ちょうど相転移が起こるあたり、即ちちょうどカオス辺縁 (edge of chaos) において最も複雑な振舞いが生ずる。しかも、柔軟性と意外性に満ちていると⁸¹⁾。

ランダムな電球のネットワークにおいて、何が起きているかを視覚するための1つの方法は、頭の中にクリスマス・ツリーを想像することである。つまり、ある初期状態にあるネットワークから出発し、ネットワークがその起動を通過して状態サイクルへ向かう時、そしてそのサイクルに行き着いた後には、それぞれの電球に対して状態サイクル上で動く2種類の電球の振舞いが見られる。ある電球は、いくらか複雑なパターンで点灯したりあるいは消灯したりする明滅の状態に、別の電球は、常にオンであるかあるいはオフであ

81) Kauffman, S., *AT HOME IN UNIVERSE: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, op. cit., pp.86~87. 米沢富美子監訳、『自己組織化と進化の論理—宇宙を貫く複雑系の法則—』, 162頁。

るかの固定された状態へと落ち着くだろう。これら2つの振舞いを識別するために2色の色を考えてみる。明滅している電球は緑色に、オンまたはオフで凍結している電球は赤とする。まず、カオス状態にあるネットワーク、例えば $N=1000$, $K=20$ のネットワークを考える。このケースでは、ほとんどすべての電球は、点灯したりあるいは消灯したりしているので、ほとんど緑色に光る。ただ、おそらくいくつかの電球、もしくは電球の小さなクラスターのみが、オンまたはオフに固定されるだろう。従って、赤く光る。この結果、カオス状態にあるネットワークは、明滅している緑の電球が広大な海を形成し、凍結した赤い電球がポツリポツリと小さい島々に見えることになる。次に、秩序状態にあるネットワーク、例えば $N=100,000$, $K=2$ のネットワークのケースを見よう。これは、もつれた巨大なネットワークで、人間のゲノムあるいは非常に大きな自己触媒セットに匹敵する複雑さを持っている。最初は、ほとんどの電球が点灯したりあるいは消灯したりの明滅を繰り返し、緑色に光る。しかし、ネットワークが状態サイクルに近づき、その後サイクル上を回るようになると、電球は固定された活動状態、つまりオンまたはオフに凍結した状態に、次々と落ち着くようになる。従って、ほとんどの電球は、赤く光るようになる。ここで、魔法 (magic) が起こる。赤い電球のすべてについて、互いに繋がっているかどうかを調べてみる。ちょうどボタンと糸によってお互いに連結しているかどうかを調べた時のように。結果は、予想どおりほとんどすべての凍結した赤い電球が相互に連結し、非常に巨大なクラスターを形成していた。勿論、このネットワークにおいても、すべての電球が凍結している必要はない。典型的には、電球が小さなクラスターや大きなクラスターと繋がり、点灯したりあるいは消灯したりの明滅を続け、緑色に光る。そして、秩序的状態にあるブル式ネットワークの循環的な振舞いに寄与しているのは、まさに明滅する緑の電球のクラスターがみせる輝きのパターンなのである。このネットワークについてさらに詳しく調べると、複数存在する緑のクラスター、即ち明滅する電球のクラスターは、それら自体すべて相互に繋がっているわけではなかった。むしろ、凍結した

赤い電球の広大な海の中に浮かぶ緑のきらめく島のように、それらは明滅する独立のクラスターを形成しているのである⁸²⁾。

さらに、カウフマンに従って研究を深めよう。1つの電球当たりの入力の数Kや、偏りPのようなパラメーターが調節されると、カオスから秩序への相転移が起こる。これが起こるのは、連続したクラスター、即ち赤い巨大なクラスターが形成され、明滅する緑の孤立した島々があとに残る時である。これを理解するために、正方格子上に非常に単純なブール式ネットワークを作ってみる。ここで各電球は、東西南北の4つの電球と繋がれ、その4つの入力の現在の活動状態を見て、どのように点灯したりあるいは消灯したりするかを指定するブール関数によってコントロールされているとする。第7図において、偏りのパラメーターPを1.0に近い値に設定してある。従って、こ

第7図 パラメーターPの偏りと格子上のネットワーク

8	0	1	1	1228228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	1	1	1	1	1228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	0	8456456456228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	8	1	1228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1228228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	1	1228228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
1	1	1	1	1	1	1228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	1	1	6	1	1228228228228	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	4	1	6	6	1	1228228228228228228	4	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	4	1	6	6	6	6228228228228	1	1	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	4	1	6	6	6	6	6228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	4
1	4	12	6	6	6	1228228228228	1	1	1	1	1	1	8	8	1	1	1	1	1	4
220	1	1	1	1	1	1	1228228228	1	1	1	1	8	8	8	8	1	1	1	1	1
220220	1	1	1	1	1	1	1228228228228	1	1	1	1	8	8	4	8	1	1	1	1	1
220220	1	1	1	1	1	1	1228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1220110110	1	1	1	1	1	1	1228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1110110110	1	1	4	1	1	1	1228	1	1	2	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110110110110110	1	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110110110	22	1	1	1	1	1	4	4228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110110	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
110	22	22	22	22	1	1228228	1	1228228	1	4	4	1	1	1	1	1	1	1	1	1
22	88	22	22	1	1	1228	1228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	88	1	1	1228228228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
1	8	1	1228228228228228228228228	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

この二次元格子上では、各格子点は4つの最隣接格子と結合していて、規則はブール関数で決められる。任意の1個の変数が、1または0を偏重する確率をPとする。このPの値が、ある臨界値P_cより大きくなると、1または0に凍結された電球のクラスターが系全体をパーコレート(浸透)する。その結果、1か0を自由に選んで点滅している電球の島が孤立する。この図の各格子点上の数字は、各電球のサイクルの周期を表す。つまり、数字が1の格子点は、オンかオフに凍結された赤いランプに相当し、数字が2以上の格子点は、オンとオフを交代に点滅している緑のランプに相当する。緑の部分は、凍結した赤い海の中で、「凍結しない」孤立した島をなしている(二次元格子は、上端と下端、左端と右端をそれぞれ糊で貼りつけて、ドーナツ形またはトーラス形にすることができる。そうすると、すべての電球が4つの最隣接格子をもつことになる)。

Kauffman, S., *AT HOME IN UNIVERSE: The Search for Laws of Self-Organization and Complexity*, Oxford University Press, 1995, p.84.

82) Kauffman, S., *Ibid.*, pp.87~88. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 162~164頁。

のネットワークは、秩序状態にある。デリタとワイスバックは、先ずネットワークを状態サイクルに落ち着かせ、次に各電球の循環の周期を記録した。循環の周期が1の電球は、オンまたはオフのいずれかに凍結しているもので、電球は赤色になる。他の電球は明滅し、従って緑色になる。図では、確かに周期1の凍結した電球は、繋がった巨大クラスターを形成し、それは格子全体に広がっている。そして、その中に、明滅する大小のクラスターがいくつか残っている。カオス状態にあるネットワークが初期条件の変化に対して鋭敏性を持つことや、秩序状態にあるネットワークでは、そうした摂動に対する鋭敏性が欠けていることを、図からうまく説明できる。例えば、1つの電球の状態がひっくり返された時、その摂動を受けた場所から変化がまわりに広がっていくのを追いかける。すると、図に示されるように、秩序状態では、その変化のざわめきは周期1の凍結した赤いクラスターを通り抜けて広がっていくことができない。凍結した巨大クラスターは、巨大な壁となり、明滅している島々を常に孤立させているのである。摂動は、明滅しているそれぞれの島の中では伝わることができるが、それより遠くはほとんど伝搬していかない。秩序状態にある電球のネットワークが恒常性 (homeostasis) を示す理由は、基本的にこのことにあるのである。対して、カオス状態においては、ネットワーク全体にわたって明滅する電球の広大な海が広がっている。この場合には、どの電球の状態がひっくり返されても、その結果は凍結していない海の中を隅から隅まで伝わっていく。そして、電球の活動パターンに強い変化を引き起こす。従って、カオス的系は、小さな摂動に対して強い鋭敏性を示すことになる。即ち、カオス状態にあるブル式ネットワークにおいて、いわゆるバタフライ効果 (butterfly effect) が現れるのであると⁸³⁾。

あらゆる生命の系は、規則的に、しかも柔軟に振舞うことができなければならない。相互作用する分子のネットワーク、あるいは相互作用する何らかの要素から成るネットワークがあった時、そのうちのどのようなものが秩序的で、かつ柔軟な振舞いを自然に示しうるのであろうか。われわれは、舞台のクライマックスにさし掛かっているのである。カウフマンに聞こう。われ

83) Kauffman, S., *Ibid.*, pp.88~89. 米沢富美子監訳、『前掲書』, 165~166頁。

われは、その答えを直感的に思い描くことができる。即ち、ちょうど相転移点にあるネットワーク、ちょうど秩序とカオスの間でかろうじて平衡を保っているネットワークは、秩序を持ち、かつ柔軟であるような振舞いを最もうまく示しうるであろうと⁸⁴⁾。ここで、上述の格子の上に配置された電球を考えよう。そして、格子上で遠く離れた2つの場所にある電球の活動が互いに調和していること、また格子はカオスの状態にあり、凍結していない海を想定する。1つの電球の活動に与えた小さな摂動は、滝のように次々と活動状態の変化を引き起こす。その変化は、格子の隅々まで伝わっていく。そして、われわれが、期待するどのような調和も、劇的なかたちで消し去ってしまう。カオス的な系は、離れた場所の間で振舞いが調和するには、あまりにも無秩序すぎる。従って、信頼できる信号を格子を通して送信することができない。逆に、格子が秩序状態にどっぷりとつかっているとす。凍結している赤い海が格子上に広がっており、明滅する小さな緑の島々が残されている。われわれが、離れた一連の場所の電球の活動を調和的に働かせたいと望んだとしよう。悲しいかな、この場合は、小さな摂動は凍結した海を渡って伝わるることができない。明滅する島々、凍結していない島々は、機能的に互いに孤立しているのである。複雑な調和は、やはり生じない。しかし、カオス辺縁においては、明滅する島々、凍結していない島々がツル科の植物のように接触している。どの電球の活動状態をひっくり返しても、系を通して伝わる小さなあるいは大きな変化の連鎖に含まれる信号は、離れた格子点へと送られる。従って、時間的にも空間的にも網状のネットワークを介して、離れた時間や離れた場所での振舞いを調和させることができるようになる。この系は、カオス辺縁にあるが、本当にカオス的なのではない。だから、系が全く非調和的な状態に陥ってしまうこともない。おそらくこうした系は、われわれが生命と進化に結びつけて考えるような複雑な振舞いを調和的に示すことができる唯一のものではないだろうかと⁸⁵⁾。カウフマン、マクレディ、そしてディキンソンは、ブル式ネットワークに単純であるが、過酷なゲームをかし、

84) Kauffman, S., *Ibit.*, p.90. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 168頁。

85) Kauffman, S., *Ibit.*, p.90. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 168~169頁。

各ネットワークがゲームの中で進化できるように設定し、コンピューター・シミュレーションを行った。ゲームは、各ネットワークが対戦するネットワークから先に提示された電球の活動状態のパターンに適切な活動パターンで応答するというものであり、このために各ネットワーク内の電球間の結合や、進化するネットワークはルール式規則を自由に変異させることができるものとされる⁸⁶⁾。その結果は、次のようなものである。ネットワークが互いの電球のパターンを調和させようとゲームを続けていくにつれて、コンピューター・シミュレーションは突然変異によってより適応した変種、即ちうまくゲームを行うネットワークを選択していくと⁸⁷⁾。そして、われわれの求める適度に複雑な振舞いに関して分かったことは、ネットワークはそれぞれ適応し、進歩すると云うこと、それらはちょうどカオス辺縁よりも、カオス辺縁付近の秩序の状態に向かって進化するということである。また、カオスへの相転移が起こる点の近傍の秩序の状態、その中にある場所が安定性と柔軟性を最もよく混ざり合った振舞いで提供しているように見えると⁸⁸⁾。

企業組織においても、組織システムの進化のための秩序の安定性と柔軟性は、カオス辺縁で最も確保されそうである。ここで、1例を取り上げよう。トヨタ自動車工業の例で紹介したいのは、終戦後の間もない時期に直面した超インフレーションとドッジ・ラインの実施によって、極度の経営危機に陥ったケースである。本格的な調査研究については第2部でおこなうので、ここでは、次の3点に焦点をあてる。カオスの状態：周知のように、東久邇内閣は、終戦直後軍人軍属の退職金並びに復員費、軍需会社に対する未払金等の支払いのため膨大な臨時軍事費の支出を行った。その結果、戦時中の耐乏生活の反動もあって過剰購買力を引き起こし、戦後の資材原料不足と相まって超インフレーションを呼び起こした。また、材料費、人件費、経費の昂騰をもたらし、トヨタ自動車工業は毎月毎月赤字を重ね、資金繰りの困難に至った。例えば、超インフレーションに対応して政府に自動車価格の改定申請をしても、許可された時には、申請時よりも既に材料費も人件費も予期したよ

86) Kauffman, S., *Ibit.*, p.91. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 170頁。

87) Kauffman, S., *Ibit.*, p.91. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 171頁。

88) Kauffman, S., *Ibit.*, p.91. 米沢富美子監訳, 『前掲書』, 171頁。

りも遙かに高くなっているという有様であり⁸⁹⁾、車を販売しても代金の回収はもっと困難になっていたという事態である。さらに、ドッジ・ラインの実施によって経済復興補給金の削減、廃止により、トヨタ自動車工業は資金の枯渇、資金繰りの困難性から存亡の危機に直面した⁹⁰⁾。まさに、カオスの状態であった。そして、私見では、トヨタ自動車工業はカオス辺縁に深く入り込んでいたのである。秩序のكارウジテの安定と柔軟性：昭和25年4月22日の第8回団体交渉の席上で、常務取締役大野修司は、会社再建案を発表した。この会社再建案に1600人の人員整理の項目が含まれていたため、労働組合はストライキに突入した。このストライキによって、生産は極度に低下（4月は前月比で35%減）し、株価は低迷した。こうした事態を取捨するためには取締役社長豊田喜一郎は、先ず日本銀行名古屋支店長高梨壮夫に融資を取り付け、また高梨壮夫自身もトヨタ自動車工業の企業理念に傾倒し、東海地域の経済発展のために地元銀行と協力して融資を引き受け、そして自ら責任を負って退任した（秩序のكارウジテの安定）。後任には、豊田自動織機製作所取締役社長石田退三が社長に、日本銀行派遣の中川不器男が財務担当の取締役に着任した（柔軟な経営陣の刷新）。折しも、退職希望者が続出したこともあって、労働争議は急速に終結した⁹¹⁾。組織システムの進化：神谷正太郎曰く、トヨタ自動車工業の伝統の一つは、販売重視であり、生産と販売は車の両輪であった⁹²⁾。しかし、会社再建のためにトヨタ自動車工業は、昭和25年4月3日組織システムの中から販売部を分離、独立し、トヨタ自動車販売株式会社を設立した。これは、巧妙な進化の術であった。

89) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『トヨタ自動車30年史』、268頁。

90) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『前掲書』、289頁。

91) トヨタ自動車工業株式会社社史編集委員会、『前掲書』、302頁。

92) トヨタ自動車販売株式会社社史編集委員会、『モータリゼーションとともに』、トヨタ自動車販売株式会社 1970年、91頁。