

現代「方丈記」 — 環境と情報について —

藤 原 昇

「ゆく河の流れは絶えずして、しかも、もとの水にあらず。よどみに浮かぶうたかたは、かつ消え、かつ結びて、久しくとどまりたる例（ためし）なし。……」。鴨長明の有名な「方丈記」の書き出しである。人間、生物、太陽、宇宙も同様である。人間の作った建造物や社会組織もまた同様である。万物は変化し、流転する。変化が起こる「空間と時間」のスケールが違うだけである。本稿ではこの「変化」と「流転」について「情報」及び「環境」の視点から考えてみたいと思う。

1 万物は変化し流転する

ある「系」に着目すると、その系の外側を「環境」と呼ぶ。人間それぞれにとって周りの人達、住居、町、自然等がそれぞれ個人の環境である。人間の集団にとっては、その着目した集団の周りの集団、棲む場所や自然が環境である。着目した系とその環境との間には常に何らかの相互作用が存在する。つまり情報やエネルギーまたは物質のやり取りをしている。このような系を「開放系」と呼び、逆に系とその環境との間で全く何のやり取りもしていない系を「閉鎖系」と呼んでいる。

変化の原因はこの「系」と「環境」との相互作用である。相互作用が全くなければ、つまり閉鎖系であれば、その「系」は全体としてなんら変化しない。しかしこの世の中で、いやこの宇宙で完全な「閉鎖系」は存在しない。総べてがその「環境」と何らかの相互作用をしている。私達人間も常にその環境と「情報」のやり取り、「エネルギー」のやり取り、「物」のやり取りをしている。従って「昨日の自分」は「今日の自分」と異なり変化しているのである。中国の「三国志」に出てくる俚諺「刮目相待」はそのことを言っている。多少誇張はあるが「別れて三日たったら別の人間と思って会わないといけない」と言うことである。

さて「環境」と相互作用していても、環境が一定であれば「系」はいずれ平衡状態になる。つまり一定の時間が経てばそれ以上変化しなくなる。冷蔵庫に缶ビールを入れても、最初どどん温度が下がっていくが、いずれ冷蔵庫内の温度と平衡状態となり、ビールの温度は変化しなくなる。理屈ではそうだが、現実には、一定の環境など存在するのだろうか。「環境」もまた変化しているのである。ある小さな系を「系1」としてその周辺を「環境1」とする。「系1+環境1」を新しい「系2」としその環境を「環境2」とする。環境2が変化すれば「環境1」が変化する。従って「環境1」の変化を受けて「系1」も変化することになる。同様に系3、環境3……、と世の中の全ての物が互いに繋がり影響を及ぼし合っている。

変化の空間のスケール、時間のスケール（以下時空のスケールと呼ぶ）は色々である。夜と昼のように24時間周期のものもあれば、月のように1ヶ月周期のものもある。人の「親」と「子」は時間軸で互いにダブリながら20~30年周期で変化する。宇宙は100億年の時間を単位にして変化する。このような色々な時空スケールの変化が複雑に絡み合って世代交代しているのが我々の世界である。

「流転」とは「流れ移る」こと、「移り変わる」ことを言う。変化は単に変わることを言っているが、「流転」は「系」の変化を長い時系列で捉えた概念である。人間で視るならば、「生」と「死」を繰り返し、少しずつ変化しながら脈々と続くその命の流れである。それは絶えず「環境」と相互作用しながら、それに応じて変化し流転しているのである。宇宙の星も同様、「誕生」と「死」を繰り返しながら新たな構造の星に生まれ変わっていく。「もとの「星」にあらず」である。

2 「情報量」について

着目した「系」と「環境」の間には常に相互作用があることはすでに述べた。相互作用とは「情報」、「エネルギー」及び「物質」のやり取りである。それが原因で「系」は変化流転する。ここでは特に「情報」のやりとりについて考えてみる。

「情報」というのは色々な意味で使われる。マスコミで使われる「情報」はニュースやコマーシャル等、何か新しく、視聴者に伝えたい事柄を指す。視聴者から見れば「知りたい事柄」を指す。大学側が学生に伝える「情報」は、カリキュラムに関する事柄、講義の内容、試験など大学行事に関する事柄等を指す。いずれにせよ伝えたい事柄、知りたい事柄を指す。従って「夕方になれば日は沈み、朝になれば日が昇る」というのは「情報」と言わない。誰でも知っているし、必ずそうなると信じているからである。「知らせたい事柄」、「知りたい事柄」は、その人又はその社会組織にとって総べて「情報」である。何を知りたいかは人又は社会組織によって異なる。

では情報の「価値」はどうであろうか。「知りたい」と思っている事柄は総べて価値あるものだろうか。情報操作によって「知りたい」と思わされている情報も多くある。テレビのコマーシャルなどは視聴者にとって必ずしも価値ある情報とは限らず、むしろ視聴者を操作している情報と言える。特に現代のような大量消費社会では知りたい情報というよりは視聴者が操作され「知りたい」と思われる情報が多い。

テレビのない時代の人達は、情報の多い今の時代の人達より知識も知恵もなかったのだろうか。そうではない。知識や知恵の中身が違うだけである。昔も今も、人はだれでも一日24時間である。田畑や野山で働いていた人達は、「自然」の季節の移り変わりを鋭く感知していたし、そこから多くの情報を読み取っていた。テレビ、ラジオの天気予報がなくても雲の動き、湿度の変化、気温の変化、風の変化から天気の変化を読み取っていた。

今の人達はテレビ、ラジオ、インターネット、携帯電話から情報過多と言われるぐらい多くの情報が入ってくるが、やはり今の人達も1日24時間で、その間に消化できる情報には限りがある。自然の移り変わりなどの情報は感知していない。押し寄せるようにやってくる情報を自分でコントロールできないので消化不良を起こしているのかもしれない。むしろ昔の人達の方が確実な情報を得ていたのかもしれ

ない。また感知した情報を価値ある情報に変えていたのかもしれない。

さて、地図、設計図、本等も情報と呼ぶ。また遺伝子のDNAも情報と呼ぶ。これは情報を伝える媒体である。この情報が発現するのは、誰かがその内容を理解し何かに役立てた時である。これらの情報媒体も含めて知りたい事柄、伝えたい事柄を情報と呼んでいる。しかしそれだけでは漠然としていて数量化できない。発信する側の「意思」、受け取る側の「心」とは無関係に、情報を数量化したのが「情報量」である。300MB（メガバイト）のデジタルカメラ、10Mbpsのインターネットライン等の300MB、10Mbpsがその情報量である。

情報量の単位は通常ビット（bpsのb）を使う。1ビットは1か0（又はYesかNo）の2種の情報を取り得る。以下1か0の値を取るとして話しを進める。2ビットあれば4種類の値（0,1,2,3）が取れる。8ビットを1バイト（B）と呼び、2の8乗（256）種類の数を表現できる。千バイトを1キロバイト（KB）、百万バイトを1メガバイト（MB）と呼ぶ。携帯電話の写真画像は転送速度の問題があり、1画像につき40KB程度であるが、デジタルカメラは1画像につき約600MBもある。

単位をビットで表現した情報量は互いに異なる状態（種類）の数を2を底とする対数で表現したものである。

$$I = \log_2 W \quad (1)$$

Wは着目している系の取り得る状態の数である。コイン1枚の「裏」か「表」かは状態が二通りなので、Wは2で1ビットの情報である。1枚の小さなカラーのデジタル写真があり、縦、横それぞれ32画素とし、カラー3原色のそれぞれを8階調とすれば状態の数Wは

$$W = 32 \times 8 \times 8 \times 8 = 16,384$$

である。(1)式により情報量にすると14ビットである。但しこの情報量はその発信者又は受信者の興味とは無関係な客観量である。この情報の価値は発信者又は受信者の知性、教養、感性、心に依存する。

話しを前に戻して、現代の人々とテレビ、ラジオ、電話のない昔の人々を比べて、1日24時間の間に一人の人に五感から入る情報量に違いがあるのだろうか。違いはないのである。情報の「内容」が時代とともに変わっているだけである。昔の人達は遠く外国の情報はあまり知らないが、自分の棲んでいる周辺の情報は良く知っている。今の人々は自分の棲んでいる周辺の情報はあまり知らないが外国の情報は良く知っている、といった具合である。一人一人に入ってくる情報はその人それぞれの環境の一部である。その環境が時代とともに変わるのは当然として、どのような情報に興味をもち、自ら掴み取り、生きる知恵とするかが問題であろう。テレビ、ラジオ、電話等の情報は「洪水のように押し寄せて来る」一方的な情報との感を免れない。自分の周辺や自然から入る情報は自ら感じ取る情報であり、また書物等からの情報は自ら学び取る情報である。

3 「組織」と情報

前節では五感から入る情報について触れたが、設計図の情報に基づいて作られる「家」という「組織」、DNAの情報に基づいて作られる生物「組織」の情報等はどうか表現されるのだろうか。「組織」を作ると言うことは、無秩序な素材を秩序化することである。無秩序な状態から秩序ある状態に変化させる場合の情報量変化を「組織化情報量」^{1)、2)}と呼んでいる。4枚の裏表バラバラのコインがあるとする。その状態の数は16通り(4ビット)である。これを全部表向きに秩序化したとすればその状態の数は一つ(0ビット)になる。この場合コインの組織化情報量は4ビットであると定義する。つまり4ビットの情報量だけ秩序化されたと考える。生物の身体の組織化情報量も同様である。

自然又は宇宙ではこの組織化が、「系」とその「環境」との間の相互作用に基づいて誕生と死をくり返しながら「河」の流れのように永遠に続くのである。いわゆる「流転」である。何故なら「系」が変化すればそれを受けて環境も変わる。環境が変われば再度「系」も変わる。小さな系、小さな環境から、大きな系、大きな環境までが互いに絡み合いながら変化して行くのである。一度誕生した組織はいずれ死を迎える。そして新たな「命」の素材となる。「その「命」はもとの「命」にあらず」である。これを再組織化と呼んでいる。一般にある組織ができれば、それを材料にしてより複雑な組織が誕生する。社会組織も同様である。一度誕生した組織は最盛期を迎えた後、死を迎え新たな組織の素材になる。組織というのは何か新しいものをクリエートできなくなれば寿命が尽きるのである。

さてある組織が生成される場合、その系からエネルギーを放出する場合と吸収する場合がある。前者の例は、水素と酸素から水を生成する場合である。後者の例は、光合成により水と二酸化炭素から炭水化物と酸素を生成する場合である。植物は素材を大地及び大気から、エネルギーは太陽からもらって光合成を進める。新しい組織は元の材料よりエネルギーの高い状態にある。動物は植物からエネルギーと組織の材料をもらい組織化する。生物が燃えるのは元の「エネルギーの低い状態」に戻る現象である。石油の元も生物なのでよく燃える。

古い組織を再組織化するためには一定のエネルギー障壁を越えないといけない。そのエネルギーを超えると逆にエネルギーを外部に放出して安定した新しい組織となる。一般に「系」からエネルギーを放出すると組織化情報量は増加し、組織は安定になる。逆にエネルギーを吸収すると組織化情報量は減少し、組織は不安定になる。地球の生物組織は高いエネルギー状態にあり不安定な組織である。つまり少しエネルギーが注入されると組織は分解する。常温で誕生したり死を迎えたりするのは不安定な組織だからである。

組織化情報量とエネルギー及び温度とは一定の関係にある^{1)、2)}。系が外部から吸収したエネルギーを ΔQ [J] (吸収すれば正、放出すれば負の値を取る)、系の絶対温度を T とすれば、組織化情報量変化 ΔI は

$$\Delta I = -\Delta Q / (kT) \quad (2)$$

で与えられる。 k は定数。同じエネルギーの放出でも、低温の状態では組織化の方が高温で組織化する

よりも組織化情報量の変化は大きい。つまり秩序化の度合いが大きい。

3 組織化について

水は環境が0℃以下になれば凍る。氷は0℃以上になれば融ける。つまり環境に依存して状態を変える。大気中の水蒸気は零度以下で、環境に依存して色々な形の雪の結晶となる。生物が環境によって変化するのも基本的にはこれと同じである。ただその構成要素が複雑に絡み合っているために変化の様子も複雑である。生物の変化自体がまた環境を変え、その影響で生物も再度変化する。従って大局的に見て、同じ環境が再現されることはない。人間が猿に戻ることもないのである。人間のままで生き延びれない場合は進化するか滅亡するかのいずれかである。全ての組織は環境が変化すればそれに伴って再組織化される。組織が複雑であればあるほど環境との関わりが深く、元に戻ることはないのである。

この物質宇宙は数百億年前にビッグバンで誕生したと言われている。以来、高温の宇宙から低温の宇宙に変化して行くに従い物質構造が次第に組織化され順次複雑な構造の組織が生成されていった。地球も最初は高温環境であった。徐々に冷えるに従って海が出来、地熱や太陽エネルギーの下で色々な化学反応が進行していった。そして次第に複雑な物質組織が生成されていった。その一つが海で誕生した生物である。生物が地球の環境をどんどん変え、また自分自身も変わっていった。種の絶滅と進化を繰り返し、現在の多様な生物が互いに相互作用しながら、また環境とも相互作用しながら、つまり共生循環しながら生きているのである。これらの生物は環境と相互作用しながら再組織化を繰り返した結果の物質組織である。

生物は遅く自分の命を繋ぐために必死になって生きている。そして子孫を残し、次の世代に命を繋ぐ。見事な組織である。しかし見方によっては、気の毒な組織でもある。苦しくても生き続けなければならない。死ぬのは他の生物の餌になるか、事故に会うか、寿命が尽きるかのいずれかである。病気も、細菌やウイルスまたは他の細胞の餌になることである。だが、個々の生物個体に捕われず、生物系全体を見るなら、ウイルスから人間に至る全ての生物が一体となって一つの生物組織を形成している、と視ることができる。この全体組織系が地球環境と相互作用しながら流転しているとも言える。

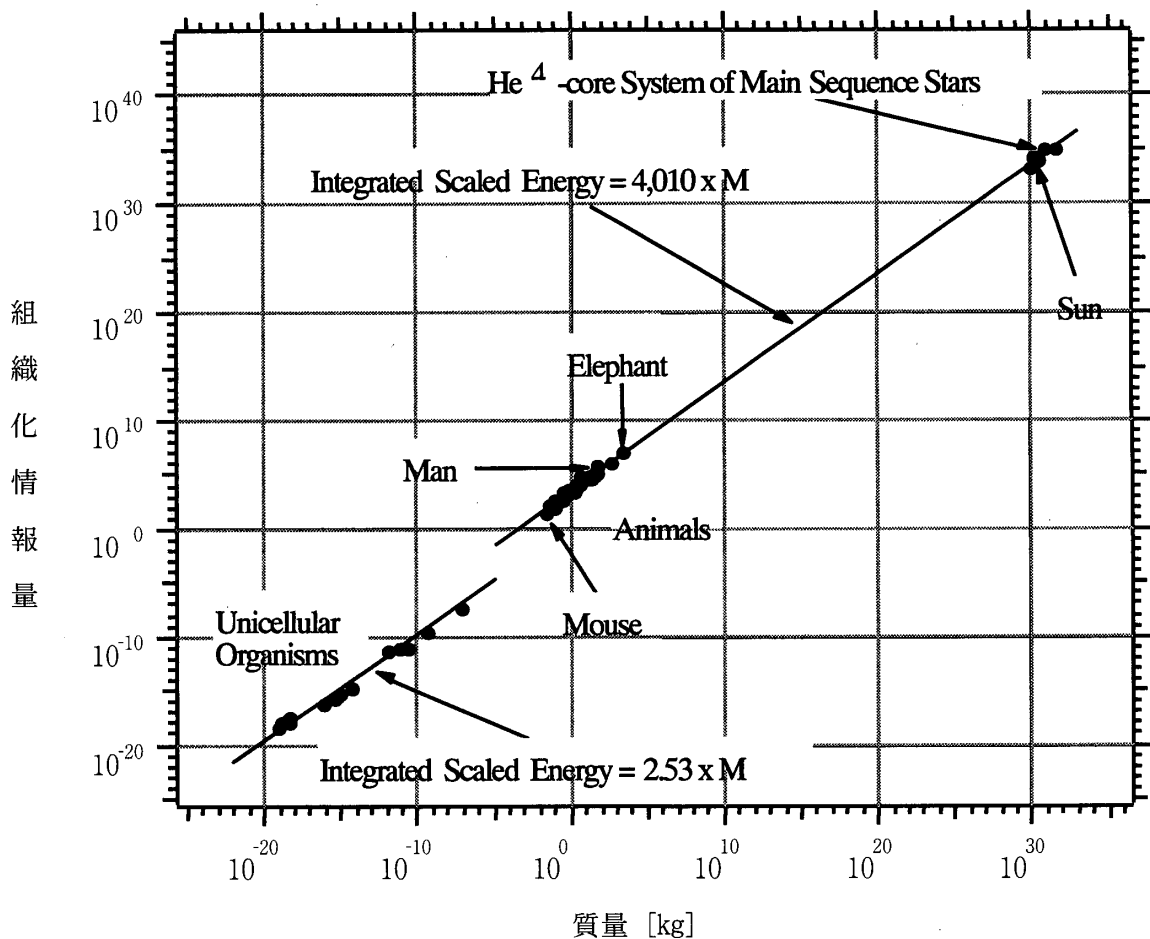
4 組織には何故寿命があるのか

あらゆる組織には寿命がある。草花の多くは1年の寿命である。人はほぼ80年。何故寿命があるのだろうか。草花は春に芽をだし、花を咲かせ、種を実らせて生涯を終える。その種から次の春にまた芽を出すのである。つまり次世代を残せば一生を終える。動物も基本的には同じである。生物は環境の変化に順応して生きているので、同じ組織が永遠に生き延びるのでは環境の変化に適応できず、絶滅の危機に晒される。それを避けるには世代交代し、再組織化して新しい環境に適応できるようにした方がいいのである。これが現存する生物の戦略である。数十億年の歴史の中で、結果として、そのような戦略を取った生物だけが、絶滅せずに、世代を繋いできたと言える。

それでは、物理的には、どのような理由で寿命があるのだろうか。生物は乾燥させればその大部分は

燃えて二酸化炭素と水になる。すでに述べたように、このことは「生物組織と酸素」の系が、「二酸化炭素と水」の系よりも高いエネルギー状態にあることを意味している。つまり生物組織は酸素環境の下で不安定な状態にあり、燃えてよりエネルギー状態の低い安定な状態である「水+二酸化炭素」になる。同時に、特に動物は、食糧を利用して身体を作るだけでなく、それを燃やして活動のエネルギーとしている。歩くのも心臓を動かすのもそのエネルギーを利用している。つまり生物組織は不安定だからこそ活動できるのである。活動するということ、生きていたうことは、エネルギーを消費し、物質系を絶えず変化させていることを意味している。一生の間に活動のエネルギーとして使う食糧は身体を作る食糧よりはるかに多い。

一生の間の消費エネルギー（組織化情報量も）は、身体の単位重量あたりに換算すると、ネズミから人間や象に至るまで一定である。「組織情報量のスケーリング則」と言われている^{1) 2)}。



図右上の動物から太陽を含む主系列の星に至るまでのラインは、重力の下で、つまり地球の重力に対して仕事をしながら組織化する場合の組織化情報量 ((2)式) と質量の関係を示す。左下は無重力の下で組織化する単細胞のラインである。同じラインの上では単位質量当たりの組織化情報量は一定である。

その一定値を越えると、つまり一定のエネルギー消費をすると、それ以上組織化できなくなり、老化への道を進む。逆にエネルギーを消費しなければその分長生きできることになる。極端な例として、一度冷凍して100年後に蘇生させれば、そこから残った生涯が始まる。さて大きな組織の動物は小さな組

織の動物に比べて寿命が長い。その組織の大きさはDNAの情報で決められている。組織が大きくなれば、各細胞にエネルギー（血液）を運ぶのに時間がかかるので、ゆっくり脈を打たなければならない。象の心拍数はネズミに比べて非常にゆっくりしている。しかし一生の間の心拍数はネズミも象も同じである。普通の時計で計れば象はネズミより長生きするが、それぞれの時間を心拍数で計れば同じ寿命となるのである。

さて大人となり、次世代を誕生させ一人立ちできるところまで子供を成長させると、生物としての機能は終る。DNAの設計図に従って、ホルモンなど身体を制御している物質が変化する。皮膚などで、新しい細胞との入れ代わりが少なくなる。成長期に比べて傷の治りなども遅くなる。一般に成長が止まり、何もクリエートしない「固定した組織」は「エントロピー増大の法則」に従う。つまり秩序化と逆の道、無秩序に向かう。それが「死」なのであろう。そして新たな「生命」に道を譲るのである。こうして世代をつないで少しずつ変化し、環境に適応しながら「生」と「死」を繰り返す。それは単なる同じ事の繰り返しではない。螺旋状の繰り返しであり、元に戻ることはない。これが「進化」と呼ばれる。長生きするには、エネルギーの無駄使いを避け、常に何かを「クリエート」し続けることである。

5 社会組織について

社会組織も一つの生き物である。従って誕生し、成長し、そして成長が止まれば老化が始まり、いつの日か寿命が尽きる。そこからまた新しい組織が誕生する。この繰り返しも、元にもどることはない。螺旋状の社会進化である。「行く河の流れは絶えずしてしかももとの水にはあらず」である。

しかし社会組織の場合は、生物固体組織と違って、かならずしも組織としての自己管理がうまく機能しない場合が多い。生物固体組織の場合は、例えば怪我や病気で痛いと感じ、怪我や病気を避けるように自己管理する。食べなければ生きられないが、無制限に食べ過ぎることはない。自分自身の中に自分を抑制する機能をもっている。一方、社会組織の場合は、例えば人口増加を組織自身の機能で押さえることはできない。人口が食糧生産を上回れば、その分の人々が餓死または病死する。そのため集団または種が減びることもある。経済（お金）がその社会の最大の価値であれば、経済が膨張する方向に社会は組織化される。それを抑制する機能をその組織自身は持たない。

抑制の機能を果たすのは、社会組織自身ではなくその外側（環境）である。社会組織の活動の結果として、その環境が変化し、その環境変化が社会組織にフィードバックされる。例えば森や水の枯渇、資源の枯渇が、その社会を変化させ、場合によっては崩壊させる。古代のメソポタミア文明（今のイラク周辺）は森の破壊によって砂漠化し滅びた。その文明は森を征服しながらギリシャ、ローマからヨーロッパ、アメリカへと引き継がれていった。

現在の人間社会は経済的利益が最大になるように機能する組織社会である。色々な矛盾を抱えながらも、この組織は科学技術の発展に支えられて急成長を遂げた。その規模はローカルからグローバルに拡大し、色々な地球環境問題を起こすまでになった。人類を豊かにしようとして機能した経済的利益の追求が、逆に人類を苦しめる機能に転化しようとしているのである。組織は成長期を過ぎれば崩壊に向かう。

崩壊する前に次の組織を誕生させる。それが数千年の歴史をもつ人類の英知であろう。経済的利益を最大にする社会から、資源消費を最小にし、かつ「心」の豊かな文化、それが我々の創成しなければならない「社会組織」であろう。次世代社会のためにある「教育研究機関」は、とりわけその任務を背負っているのではないだろうか。

6 結び

宇宙は無常であり、「行く河の流れは絶えずしてしかももとの水にはあらず」である。環境と相互作用しながら、誕生と死を繰り返し流転しているのである。「人」も、「人間社会の組織」も同じなのである。

参考文献

- 1) N. Fujiwara
Origin of the scaling rule for fundamental living organisms based on thermodynamics
Bio Systems 70, p1-7, 2003
- 2) N. Fujiwara
The Scaling Rule for Environmental Organizing Systems in a Gravitational Field
Bio Systems 73, p111-116, 2004