

活動による生物の進化

唐澤 信司
(電気工学科)

The evolution of creature that has been caused by activities

Shinji KARASAWA

The evolution of creature is explained through the paradigm of activity clearly; i.e. elements for an activity are created through the activity. The surroundings are changed by activities of the creature and the creature makes action in order to live in the new surroundings. Then, the creature continues activities and it is adapted to the surroundings. A group of appropriate activities to each other is considered as an organized activity. The gene is a tool for the activity of life. The most of evolution of creature is caused by variation of genes through exchange and the natural selection in the real world. So, every creature shares the progress of evolution in the real world.

Key Words : *Biological system, Biochemical reaction, Adaptive activity, Self-organization, Evolution of genes, Intelligent system.*

1. はじめに

最近、生化学、分子生物学、神経化学[1]などの分子レベルの生物学は著しく進歩した。その研究成果はかなり複雑で、膨大な量である。それらを統一的に説明することができれば、自動的に形成される組織や自律的な制御システムを設計制作する際に参考になる。

生物は活動することによって状況を変化させ、その変化した状況に対応するので進化する。そして、活動を維持できる生物が生き残る。遺伝子は生物が活動する際に使われる道具である。生物は化学物質を外部から取り込み、別の化学物質にして排出する。その生化学反応は生体によって調節されている。この反応を担う酵素や構造タンパク質の分子構造は複雑であるが、そのしくみは活動単位を転送する脳神経系の動作に似ている。ここで、始まりから終わるまでの一連の生化学反応を活動単位と定義する。活動単位という言葉はその活動単位のために回路や要素を作ることが想起できる。エネルギーあるいは活性化という言葉だけでその物理量のために回路や素子を作ること想起することは困難である。

これまで、知能システムを構築する分野からも生物の自己組織化[2]、免疫反応[3]や、酵素反応のしくみで知能システムを構築する提案[4]もなされた。しかし、従来は生物が自分自身を作る特性を考慮することが不十分であった。生物は活動を通して知能を獲得している。

著者はインパルスを送って知能を形成する神経回路網をモデルにして、「インパルスを電荷で表現して、その電荷が転送される際に知的な動作をする電子回路を容易に組み込める半導体集積回路」について研究してきた[5],[6],[7]。本文では以下のように「活動単位」を送って組織する活動により生物の進化のしくみを説明する。

生物の循環するサイクルや自己を形成するサイクルなどの活動単位は必要に応じて稼働するしくみを持っている。生物は活動すれば状況が変化し、状況が変化すれば、別の活動を実行するように複数の活動単位を持ち備えて、周囲と相互作用しながら活動している。動物の行動は一連の活動単位群を上位の活動単位とし、様々なレベルの活動単位を必要に応じて活動させるしくみで表現できる。その活動単位で活動を組織するしくみは単細胞生物でも多細胞生物でも同じである。

現在は生化学反応を担うタンパク質は遺伝子 DNA の発現で製造される。分子レベルの進化で遺伝子を持つに至るまで、生物は約 20 億年間も活動を続けて、自己を複製する RNA、RNA でタンパク質分子を生産する仕組み、RNA を記憶する DNA、さらに DNA を複製する仕組みを獲得した。その後、生物は自己複製の過程に遺伝子組換えによる進化をもたらす可能性を秘めた有性生殖という機構も備えた。その生物が実世界で活動する際に選択され、選択された子孫が生殖の仕組みにより繁殖する。生物は未来を先取りし

た活動により、新しい環境に適応した生物が繁栄した。生物の進化は生物の知能獲得でもある。

2. 活動単位の連鎖による生命体の誕生

2.1 循環する活動単位群による永続的な活動

活動単位は生化学反応であるから活動の際に回路の接続としてその活動を記憶できる。その活動単位は活動の前後の状態の遷移としてでも記述できる。すなわち、 $A=B$ という状態から、 $X=Y$ という状態に遷移すると記述できる。しかし、活動単位は自動的に消滅する点でデジタル回路の If then ルールと異なる。活動すれば状況が変化し、その変化した状態に別の反応が起こる。そのような連鎖する活動を次々と連ねているうちに反応が循環する組織もできる。

生化学反応の連鎖が循環することが偶然に発生しても、それが周囲と適切な相互作用をしていなければやがて消滅する。生物は環境の変化により循環する連鎖反応の休止期間があるとしても、状況の回復に応じて活動を再開させている。生物は外部と相互作用して永続的な循環活動するしくみを備え、継続して活動させることができる活動単位の組織を持つ存在として誕生した。

2.2 生命活動の領域を囲む膜の形成

恒常的に循環する活動として、体内で物質を巡回する方法もある。このしくみには領域の内部と外部を区別する膜が必要である。単細胞生物の細胞内では原形質流動があって、その膜の中で生化学反応がおこなわれている。

細胞膜の構造は脂肪酸の1つをリン脂質の分子が親水性の頭部を外側に、疎水性の尾部を内側にして2層並び、その表面や内部にタンパク質の分子が結合してできている。この膜は疎水性端が水にはじかれて疎水部が集まる一方、親水性端が水に引きよせられるので自然に水中に膜を形成する。

現在の細胞膜は立体構造を持つタンパク質が細胞膜を貫いたり、一部が細胞膜に入り込んだりして表面に付着している。細膜を貫いた形のタンパク質はイオンポンプといわれ、必要な物質を捕まえては回転して放出する仕組みがある。この細胞膜によって Na^+ , Cl^- , K^+ , NO_3^- , O_2 , CO_2 などを通過し、油脂に解ける分子は溶け込んで通過する。

このタンパク質をもとの必要な物質を捕らえる活性状態

2.3 生命活動を支えるエネルギーの循環

太陽光のエネルギーが生物のエネルギーの根源になっている。すなわち、太陽光のエネルギーを受けた植物の光合成によって二酸化炭素と水はブドウ糖を作る。そのブドウ糖がセルロースの合成やタンパク質の活動に関係する ATP 活動循環のサイクルのエネルギー源になり、ブドウ糖は二酸化炭素と水にもどる。

生物の活動に関わる ATP はアデニンという塩基とリボースという糖とリン酸3分子が結合したものである。一つの高エネルギーリン酸結合が切れてエネルギー交換をすると、アデニン二リン酸(ADP)とリン酸になる。逆に、ADP とリン酸はブドウ糖($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)を酸化したエネルギーを受けてもとの ATP になる。

ATP の高エネルギーリン酸がブドウ糖と結合してブドウ糖リン酸になり、活性化されたブドウ糖は互いに結合して、デンプンやグリコーゲンやセルロースを合成する。また、アミノ酸が ATP のハイエナジーと結合して活性化され、それぞれが結合しあって、タンパク質を合成する。

3. 遺伝子を持つに至るまでの生命体の進化

3.1 巨大分子が形成される方法

接続可能な分子が相互に結合することで巨大分子ができる。そこで繰り返して使われる構成要素の種類が幾つもあるれば、その組み合わせは膨大な種類となり、天文学的な数の巨大分子を作ることができる。

タンパク質という巨大分子はアミノ酸からできている。アミノ酸はアミノ基 (NH_2) とカルボキシル基 (COOH) を持っていて、両者は脱水縮合したペプチド結合 ($-\text{CO}-\text{NH}-$) で、糸状に繋がるポリペプチドを作り、特有の立体構造と性質を持つタンパク質という巨大な分子になる。

アミノ酸には種類が20あって、タンパク質の立体構造はアミノ酸配列で決まる。タンパク質はアミノ酸が50 ~ 10000個平均では300個程度連結している。そのタンパク質の分子はさまざまな構造およびさまざまな性質のものを作ることができる。

タンパク質は油脂と結合して生体膜をつくり、生体の立

体的な構造を作る。また、核酸と結合した核タンパク質、糖と結合した糖タンパク質、リン酸と結合したリンタンパク質等のタンパク質もある。外界の変化に対応してコンフォメーションを歪ませ、それを転送して、酵素を活性化させ生化学反応を調節する活動を担うタンパク質もある。それらの巨大分子が周囲とうまく適応して活動すれば生命活動ができる。

3.2 自分自身を複製できるリボ核酸(RNA)

膨大な数の種類がある巨大分子の中で、生体を構成する特定の巨大分子が自然に合成される確率は極めて少ない。その巨大分子が複製されるしくみを持てば、特殊な巨大分子でも多量に生成できる。

自分自身を複製できる分子構造であるリボ核酸(RNA)とデオキシリボ核酸(DNA)は塩基に五炭糖とリン酸が結合してできるヌクレオチドを構成単位としたポリヌクレオチド(polynucleotide)である[8](10章)。

ポリヌクレオチドの複製は、相補的な塩基配列のポリヌクレオチドを作り、この相補的ポリヌクレオチドを鋳型として元のポリヌクレオチドを造るという仕組みである。

ヌクレオチド同士は糖とリン酸のところで互いに結合して鎖を形成する。熱運動は分子を会合させ、そして解離させる。一本のRNAのポリヌクレオチドは異なる領域間で折りたたむように塩基対を起こすと、巨大分子のところどころに架橋的な水素結合で折りたたまれて複雑な表面構造となる。表面の相性がよい構造が熱運動にも持ち応えて付着することによって、相補的な複製が複数のところで同時に平行して発生して複製反応の触媒となる。

この鋳型の作用は不完全な複製をするので、さまざまなRNAができる。この複製には類似したRNA分子を作り、その分子はもとのRNA分子の反応を促進する触媒になるものや、あるいは抑制する反応を持つものが存在する。もし、異なる活性を持つ異種のRNA分子が相互に助け合う効果があれば両者は一緒に増えることができる。

RNAを構成するヌクレオチドの一種でアデニンとリボースとリン酸3分子が結合したATPは生体内で活動源となっている。このようなRNAの分子の世界において、循環活動を行うグループが複製のしくみを獲得した。

3.2 RNAの塩基配列を保存するデオキシリボ核酸(DNA)

生体がタンパク質を製造する過程において、複雑なタンパク質の複製のシステムに変異を起こす可能性がある。そのほとんどの変異は生命体の生存にとって不都合である。もし、偶然にできた巧妙なシステムでも、自己増殖の仕組みがあれば、それを形成するまでに至った淘汰の過程を最初から繰り返すことがないから容易に作られることになる。

必要なタンパク質を作成することができるRNAの型となり、RNAを複製写できて、安定して自身の構造を保持できる巨大分子は2重螺旋構造のDNAである。遺伝子であるDNAはRNAと化学構造がよく似ており、ヌクレオチドの塩基を対にした2重らせん構造をしていて、RNA情報の鋳型になる。このDNAにはA,T,G,Cという塩基を持つ4種類のヌクレオチドがあり、二重鎖ではA-TおよびC-Gが対をなして結合している。

他方、RNAはDNAの2重鎖の一本の鎖を複製したような構造であるが、RNAの糖はリボースであり、そのOH基が2重らせんを作る上で障害になる。また塩基はA,G,Cの3種類はDNAとRNAが同じであるが、DNAのTの代わりにRNAではUとなり、このUがDNAのAと対をなす。

二重螺旋であるDNAは遺伝子の安定な記憶媒体であり、一方の鎖の塩基配列がたまたま変化しても、他方の鎖の塩基配列が残っているので、修復(repair)される。

現在の生物は、素材を入力してタンパク質で形質を製作する際には形質遺伝子を金型にしており、その形質が活動する際には調節遺伝子により酵素を作り出して調節している。そこでは、特定の遺伝子を発現する分子があって、その分子を合成するしくみも含めた反応のセットによって、必要に応じて必要なタンパク質が合成される。

3.4 立体構造のタンパク質分子を合成するしくみ

活性化した分子が接することで反応が進行するが、ポリペプチドによる結合は3次元構造となりタンパク質自体では自己複製することが不可能である。アミノ酸には種類が20あって、タンパク質の立体構造はアミノ酸配列で決まるが、その20種類のアミノ酸配列の情報はRNAの4種(A,G,C,U)の塩基配列に転写される[9]。つまり、アミノ酸配列は1個のアミノ酸をDNAの4種(A,G,C,T)の塩基を3連子の配列を単位にした遺伝暗号(コドン)で指定されて伝えられる。この遺伝暗号には開始コドンおよび終止コド

ンが加えられている。

その遺伝子のアミノ酸配列を伝える Messenger RNA (m-RNA: [10], pp.223)がタンパク質合成工場であるリボソームに運ばれる。そこで、材料となるアミノ酸を1つ運ぶ Transfer-RNA (t-RNA: [10], pp.227-230)、とペプチド結合させる Ribosomal RNA (r-RNA: [10], pp.378-381)の3種の RNA によってタンパク質が製造される。

どのアミノ酸も $\text{NH}_2\text{-CH}^\circ\text{-COOH}$ という構造を持っていて $\text{NH-CH}^\circ\text{-CO-NH-CH}^\circ\text{-CO}$ というペプチド結合する。⑧はアミノ酸を特徴づける側鎖でこの部分が20種類ある。t-RNA はアミノ酸の⑧を識別する結合と RNA の塩基配列による結合を持つ。つまり、t-RNA が一個のアミノ酸を携えながら、かつコドンの識別塩基(対合する相補性アンチコドンである)により次々と m-RNA に取り付く。すると、ポリペプチドの方がポリヌクレオチドより結合されやすいのでポリペプチド結合を作り、アミノ酸が t-RNA をはなれタンパク質側に接続する。アミノ酸を抜き取られた t-RNA は変形して、m-RNA から離れる。

20種類あるアミノ酸が少ないもので50個、多いものは1000個くらい連なってタンパク質ができています。

生物はこのように RNA を使ってタンパク質を合成しているため、必要となったタンパク質から遺伝子の DNA を作り出す可能性はゼロに等しい。

4. 生殖と種の進化

4.1 細胞単位で自己再生を繰り返す生殖

永い年月の間に事故に合うこともあり、生命体が一体だけでは永続した活動ができない。生命体が自己の活動を継続する活動している間に、自己を複製する生殖機能を持った生物が生き残る。自己複製では種が保存されるが、複製する過程で適応性ある幼形を繰り返すしくみには途中で進化の袋小路に入り込む危険を回避する可能性がある。

遺伝子の DNA は RNA を作る鋳型になるが、逆に、RNA が DNA の鋳型になり得る。例えば、RNA ウィルスの中にレトロウィルスと呼ばれるグループがあって、この仲間は自分の RNA を鋳型にして RNA と DNA 対を作り、DNA に逆転写する酵素を持っている。このような DNA を複製するプロセスを具備した細胞が自己複製することができる。

この遺伝子を複製する細胞分裂の期間の活動とタンパク

質を製造する期間の活動とは区別する必要がある。細胞分裂をする時には、遺伝子という道具を染色体というパックにして子孫に伝え、その後では核を形成して染色体の遺伝子とその核内に分散して細胞内でタンパク質を合成する。

約15億年前に細胞に核を持っている真核細胞が登場したといわれるが、生命体は20億年もの月日を費やして染色体を形成する時期を持って DNA の複製するしくみを持つ生物を誕生させたことになる。

細胞が誕生から生育し、子孫を残すという世代交代を現実世界において繰り返す過程において、種内淘汰や環境による選択が作用する。生殖の際に遺伝子を複製する過程では遺伝子に変異を発生する可能性がある。その遺伝子の変異が生命活動に無害な変化であればその個体が成長して子孫に伝えられる。もし、その変異が不利なものであればその個体は子孫を残すことが出来ない。その遺伝子の変化が新しい環境に適した種は繁栄し、子孫を残し進化する。

また、同じ環境に永続して生息するとその環境に適応し、別の環境に適応した生物と相違が生ずる。それらの種が、様々な理由で遭遇して相互作用すれば、生存競争による淘汰や共生がおこり、それが進化に影響を与える。場合によっては、共生する生命体が融合し一つの生物になり、その種は一度に多くの遺伝子を獲得することになる。

4.2 無性生殖から有性生殖への進化の過程

細胞分裂の最中に2重螺旋の DNA を複製すると2倍の DNA ができて、細胞中に2セットの遺伝子が存在する期間がある。この遺伝子(n)が2組(2n)ある状態も生命活動ができる。また、一つの核に遺伝子(n)が2組(2n)ある状態の核でも生命活動ができる。遺伝子(n)が2組(2n)ある核が複製して、2nの遺伝子を持つ単細胞の生物も生殖できる。

ここで、体細胞の分裂に続いて遺伝子を複製せずに減数分裂すれば、一つの細胞の中に1セット(n)の遺伝子の単細胞になる。この遺伝子の単細胞が融合すれば一つの細胞の中に2セットの遺伝子を持つ単細胞になる。

こうして一つの細胞の中に1セット(n)の遺伝子の単細胞になる期間と一つの細胞の中に2セット(2n)の遺伝子の単細胞になる期間がある同じ機能の細胞の存在する。祖のプロセスのなかで、1セット(n)の遺伝子の単細胞が融合して2セット(2n)の遺伝子を持つ生物になれば、その過程に

は遺伝子の進化を加速する機構となり得る機構がある。

最初は、生命活動の機能が同じであっても進化の速度の速い種の方が生命体として発展する。約 10 億年前には単細胞生物の段階で藻類や菌類や動物が枝分かれしたといわれている。[11]

4.3 単細胞生物から多細胞生物への進化の過程

単細胞生物はその細胞の中で組織的な活動をしている。そのような細胞が状況に応じて必要な活動だけをすれば細胞群の活動が組織される。細胞は部分的に接触して多細胞の状態でも、必要とされる活動だけを発現して生存できる。それぞれの領域で各構成要素が内外の状況に応ずるという酵素の活動により全体が構成される。

生物は最初に設計図を作れない。生物の組織は必要に応じた活動によって自律分散的に形成される。そのしくみは神経細胞が誕生する以前においても、脳神経回路網の形成でも同じである。すなわち、各細胞がその周囲の状況で必要とされる活動をすればそれらの細胞群は組織される。

細胞の接触部が固定すれば、複数の細胞を持つ 1 つの活動体となる。隣の細胞との相互作用を受けて活動すると各細胞は単細胞の時と全く同じ活動にはならない。接触部の細胞膜で細胞間の連携をすることができる。

単細胞の中にもさまざまな機能をする部分があったが、多細胞生物では、その機能を専門とする細胞が出来て、細胞が専門に分化できる。こうした細胞分化した多細胞生物の組織が有性生殖の仕組みを可能にした。その有性生殖では遺伝子を組替えが起こり易く、遺伝子の進化を促進させる結果を生んだ。

4.4 有性生殖による遺伝子の組換えによる進化の促進

有性生殖生物の体細胞の染色体は父方と母方の染色体を対にしている。細胞分裂に際して、同じ染色体上に連鎖している遺伝子群は行動を共にする。ところが、細胞分裂する際には父方の 1 対と母方の 1 対の染色体が共存してから分裂するので、連鎖群が交差し、染色体の連鎖の列が父方と母方が交換するものも生まれる。

その染色体の連鎖群の乗り換えが、減数分裂で生まれる卵子や精子には父方と母方の遺伝子の連鎖を混合して持つ遺伝子配列となる。つまり、減数分裂の第 2 裂期で卵子

や精子を作る際には染色体が 1 本となり、染色体の乗り換えが遺伝子の組換えとなる[12]。この遺伝子の組換えを起こした卵子と精子による子孫が実世界で淘汰される。そこで、有性生殖をする種が進化を促進し、高度な生物を生み出すこととなった。

多細胞生物がおよそ 6 億 5 千万年前[11]に爆発的に多様化したのは有性生殖が寄与していると考えられる。カンブリア紀の初期には現在の動物門にあたる基本的形態を持つ無脊椎動物のグループが出揃ったといわれている。

4.5 神経細胞の発生するインパルスの意味

多細胞生物は細胞という区別できる単位を持ち、その細胞を活動の単位として考えることができる。一つの活動は立ち上がって頂点に達して立ち下がる。生化学反応は直ちに消えるのでインパルスとなる。インパルスの活動（活動単位）を転送するシステムでは、活動を転送する際の反応を利用してその行動を記憶できる。

一つの細胞は同時に発生したインパルスのパターンによって状況を選別して、その状況に対応するパターンのインパルスを出力することができる。そこで、特定のパターンの活動に選択的に活動して、特定のパターンの出力群に活動させる[13]。このような活動を繋げて、体のバランスを取りながら作業をすることができる。

神経細胞の出力する活動単位は連携する活動によってその効果が発現されるので、操り人形の系のように神経回路網のインパルスの意味は接続関係が担っている。そこで、電気通信の信号とは相違して、神経回路ではインパルスだけ取り出してその符号を翻訳しても意味は取り出せない。

4.6 脳の神経回路組織の形成

活動のルールを担う反応のルートを活動単位の単位として、それを並列に並べて、種々の活動単位を適宜に動作させて一連の行動ができる。その連繋した活動も新たに付け加えたルートの接続で活動単位として記憶できる。このような階層的な活動単位の組織を 1 つの細胞の中に組み込むことは不可能になる。入力する複数の活動単位により出力が活動することは、その動作を専用にする一つの神経細胞によって記憶できる。このように活動単位の動作として活動を組織して、それを神経細胞の接続関係で記憶して置く場所が脳神経回路網である。

自転車に乗ることや、スキーなどのスポーツをする技術は情報という形に変換せずに活動と同時にその神経回路網が構築される。そこでは神経細胞の活動の意味が活動した細胞を抜きにしては細胞の活動の意味がわからない。脳の神経細胞の発生するインパルスは起こす前提条件となる活動が起きたことと、どの細胞に反応を転送したかということの意味している。

5. 情報処理による人間の組織

5.1 第三者を含む活動の組織を実現した言語の構造

動物は同じ場所にいる仲間に鳴き声で連絡して、連携した動作が出来る。動物が鳴き声を上げる状況を見ればその音声を出す理由を知ることができるから、同じ種ではなくても個体群は組織的な活動ができる。動物の鳴き声にも種類がある。しかし、人間の言葉は動作や行動を表現することができる。ヒューマン情報処理の特徴は現場と離れた状況を第三者に伝えることができる。つまり、情報によってその場にいない仲間も組織した活動ができる。

情報という独立して意味を持つ音声表現には、行動や動作を表現する必要がある。活動や動作には複数の構成する要素が動作に付随した特定の関係にある。具体的には、動詞には、主格あるいは目的格など動作に関係して決まった関係があつて、それが語形変化や助詞や助動詞により表される。こうした文法構造を持つ言語によって行動を伝えることができる。その言語機能の組織を形成する過程も活動単位の組織を作る原理により説明できる。

発話行動は身体の動作であるから、一つの発話動作に統制しなければならない。つまり、言語活動は時間の流れに沿って直列に送受される。その時間的な変化のパターンは実世界の変化とは処理が相違する。この実時間進行の実世界と時間の進行を異にする脳神経回路網の言語の世界が思考の世界を展開する基礎となる。人間は言語を使うことによって周囲の現実の世界とは別の抽象的な世界を持った。

言語情報の最終端末は人間であり伝播媒体に依存しない意味を持つ。その言葉を用いて、人間は第三者を組織した活動ができる。人間の神経回路網で作られた言語表現の情報が知識となる。その言語情報を理解するには、経験を言語で表現し、言語を理解することを経験する必要がある。

5.2 思考活動の神経回路網の形成

約3万年前まで生存していたというネアンデルタール人の生活の痕跡はたくさんあるが、象徴能力をほのめかず証拠はほとんど残されていない。ネアンデルタール人は耳から咽喉にかけて現生人類と相違していて、言葉を操ることに適応していない構造である。

飛び道具を使い大型動物を狩猟する新人といわれる現生人類は、狩猟の際に動物の行動を伝える言葉を発明したに違いない[14]。人類は約5万年程前に言語使用や象徴的な思考を行えるように脳を変えて、物語を語り、神話の世界を持つに至った。

その後、その新人は大型動物を採りつくし、氷河時代を生き抜くために植物栽培や遊牧をしなければならなくなった。穀物を栽培して、保存できる食料を蓄えて、定住生活を可能にすることにより、数千年前に人類は村落を形成し、分業社会を作り、歴史時代に至った。言語は人間社会の活動であるので時代によって変化する。

5.3 知識の獲得

思考はその大部分は言葉を要素にしている。脳神経回路網で言葉は活動単位として活動をするので、言葉の概念は活動単位と同様に階層構造に組織される。言葉によって表現された知識は異なる媒体でもその意味は変わらない。言葉はそれ自体で意味を持つ情報となる。

学問は多くの人々に繰り返し使うことができるように整理して纏められた情報である。それらの情報が個人の脳神経系に取り込まれる。脳神経回路網は個人に属しているが、そこで扱う情報には公的な部分が多いので、情報を媒介として個人は人間社会と密接な関係を持つことができるようになった。

人間の思考活動では活動を転送する際に一つに統制されているので、コンピュータのようにプログラムによって処理することもできる。そこで、人間のすることは何でもコンピュータで実現できると考える人も少なくない。しかし、神経回路網はコンピュータのように事前にソフトウェアを提供されなくとも活動できる。どのような情報を重要視するかも個人の判断に依存する。未来を先取りした生き物の活動には自由度がある。

5.4 実世界の経験と情報で与えられる知識との相互作用

実世界の森羅万象は昨日と今日とは同じではない。生物はその環境と相互作用して、日々進化している。しかるに記憶の世界は変化しない。数学や物理学は再現性と普遍性のある性質が記憶され活動の道具として使われる。知識の世界は人間によって作られた世界であり、繰り返し再演できるが、現実の心の活動は実の世界にあり再演できない。

人間は言葉という道具を共有し、言語使用で生み出された知識は人間社会の構成員の間で流通し、人間の知識を飛躍的に増大させ、生活の質を向上させることに貢献した。そして共有できる情報の世界を持つ共同社会において、人間は豊かな生活を送るようになった。

しかし、その文明社会に生きる人間の脳には「公共的な知識の世界と個人が経験する現実の世界とは一致するとは限らない」という悩みを持ち込んだ。言葉の世界では人は同じであっても、実世界に同じ人物はいない。現実には皆が同じ活動を生業にすれば分業社会は破綻する。精神活動を共にする集団が相互に衝突して戦争になることもある。思考の世界に埋没すれば思考の袋小路に陥る危険性もある。望む世界と現実の世界とは相違する。それらは人間自身が創った文明がもたらした問題である。

6. あとがき

生物が誕生して今日に至るまでの進化の説明が「活動単位」を転送することにより活動を継続するしくみによって明解にできることを本文で示した。

生物は生化学反応を組織的に活動させており、各活動単位が必要に応じて活動すれば、それらが一つの活動単位に組織される。生物は分子のレベルでは高等生物でも原始的な生物と同様な原理で活動する。生物は活動を続けるしくみにより誕生し、活動を維持するために相互に影響を及ぼし合う。その結果、互いに適応した活動をする生態系を形成する。その生態系は変化し、生物が共に進化した。遺伝子は生物が活動する際に使われる道具である。

現在の生物は立体構造を持つタンパク質分子で生命活動をするが、それは自身が持つ複製するしくみでなければ生み出すことができない。高等生物は有性生殖によって容易に起こる遺伝子の組み換えによる DNA の変化で進化が促進される。生物の世代交代は環境変化に適応することを容

易にする。自然淘汰や種内選択がなされる個体の活動の結果が蓄積された歴史が生物の進化である。

本文から導かれる生物の活動の原理は活動単位を連携して活動を続けることである。生物は活動する存在であり、生命力があることが生物に魂というものを想起させる。そこで、「生物は何のために生きるか」という問いに対しては本報告からは「生物は活動を続けるものとして誕生し、未来も活動を続けるために活動する。」という答えが導かれる。

「生物は全てを活動の道具とする」という生物の活動の原理からは次のような設計方針が導かれる。無人自動車を運転するロボットの頭脳的设计においては、「変わりゆく現実の情報を道具として活動する」とする。パターン認識の装置は「パターンの刺激にどのように活動するのか」という設計方針とする。

現在、家庭をはじめ学校や学術研究の分野で爆発的に情報が増加しており、その情報にどのように対処するかが重要な課題となってきた。情報は無限に作られる。それらのそれらの人工的な産物を取捨選択して脳に取り込むのは個人自然な知能の担い手である活動である。

今後、生物は活動を旨とする本報告が知能の分野を始め、教育など様々な分野の方々に参考になれば幸いである。

参 考 文 献

- [1] American Society for Neurochemistry, Editor-in-chief George J. Siegel, : *Basic Neurochemistry –Molecular, Cellular and Medical Aspects-*, Lippincott-Raven Publisher, 1999.
- [2] Scott Camazine et al : *Self-organization in biological systems*, -Princeton studies in complexity-, Princeton Univ. press, 2001.
- [3] 石田好照編著、平山博史、藤田博之、石黒章夫、森一之著 : 免疫型システムとその応用 免疫系に学んだ知能システム , コロナ社, (1998) .
- [4] T. Aoki : *Dream for New-Device-Based Superchip : From Transistors to Enzymes*, Proc. 23rd Inter. Symposium on Multiple- valued Logic, Sacramento, pp.140-149, (1993).
- [5] S. Karasawa, : *Self-organization of network on activities for intelligent behaviors*, 9th International Conference on Cognitive and Neural System, Neural Circuits and System, p.20, Boston

- Univ., May 21, 2005.
- [6] S. Karasawa: *Model of linguistic activities as Ad hoc interactive activities in an impulse driven multi-agent system*, The 7th world conf. on Systemics, Cybernetics and Informatics, Vol.14. Orland, Florida, pp.365-370, July, 2003.
- [7] 唐澤信司, : 活動単位を転送して3次元空間に活動を組織する脳神経回路網モデル, 信学技報, MBE2004-15, pp.9-16, Nov, 2004.
- [8] 丸山工作著, : 生体物質とエネルギー, - 生物化学入門コース2 -, pp.1-7, pp.155-170, 岩波書店, 1992.
- [9] 石川統ほか6名編 : ダイナミックワイド図説生物-総合版-, pp.160-162, 東京書籍, 2004.
- [10] B. Albert, D. Bray, J Lewis, M. Raff, K.Roberts, J.D.Watson: *Molecular biology of the cell*, 3rd Edition, Garland Pub. Inc.1994.
- [11] 宮田隆, : 生物の起源と多様性にせまる, -生命科学がわかる-, pp.79, Asahi Shinbunsha Extra Report & Analysis Special Number 35, 1998.
- [12] 石川統著, : 遺伝子の生物学, - 生物化学入門コース1 -, 岩波書店, pp.8-12, 1992.
- [13] S. Karasawa: *The dialectical architecture of visual intelligence where every activity is available as a tool for the next activity*, European Conference on Visual Perception, Vol.34, Supplement pp.238-239, A Coruna, Spain, 26 Aug., 2005.
- [14] I. Tattersall, :How we came to be human, *Scientific American*, December 2001, I. 日本語版 タッターソル:現生人類の道, 別冊日経サイエンス-人間性の進化-, pp.124, 2005.