

つながりのいのち — ゲノムの戦略

垣谷 宏子

I はじめに

地球生命系はみごとな情報システムである。それは人が創り出したものではない。人はその中に創り出された存在である。地球生命系情報システムの創造主は宇宙、太陽系、地球である。地球生命は情報システムとして創り出されることで始まり、命のつながぎを実現した。その自己展開が生命系内の相互作用を促し、多様な発展を可能にした。それは情報システムの特徴を有効に活用することで強靱な命のつながぎを展開した。さらには、情報化されることのないシステムと統合されることで、適応性に富む柔軟な生命系へと発展した。地球生命系、それは40億年に亘る情報システムの壮大な自己展開である。

本稿では、情報システムの視点から地球生命系の特性を考察し、さらに、非情報化システムとの統合の重要性を捉える。

II 情報システムとしての生命

II-1 生命体の特徴：命をつなぐ本性

生命とは何か。それは人の普遍の問いかけであり、人の知性の始まりから現在に至るまで、それぞれの時代の知見に基づいて語られてきた。生命科学は、常に、この問いかけと共に探求されてきたといえよう（シュレーディンガー 1951、2008、マイケル他 2001、浅島誠他 2009、2010）。多くのテキストで生命体の特徴として指摘される主な項目は、細胞構造を持つこと、外界物質の代謝を行うこと、環境刺激への応答能力があること、自己複製の機能を持つこと、進化する、などである。

これらの項目は生命体の重要な特徴であり、相互に関わり合いを持つ。特定の特徴が実現する機能が他の特徴の実現を支える。その相互の関わり合いを明らかにすることから生命の本質理解は可能になる。細胞は生命存在の場であり、細胞構造は生命機能の実現機構である。外界物質の代謝は生命体を維持する機能であり、外界物質から生命体は形成され、生命活動のエネルギーが取り出される。また、環境刺激への応答は生命機能の実質である。さらに、自己複製の機能が生命存在の維持を可能にする。それは自己と同じ存在を複製すると共に、変異体を生み出すことも可能な機能である。変異体の生息環境への適応が進化となる。この進化が生命存在の持続可能性を高めていく。

生命体の特徴とされるこれらの機能が総体として実現すること、それは生命存在の維持、命のつながぎである。命のつながぎは生命体としての営みをつなぐことである。自己とは別個の存在として、自己の営みを引き継ぐ存在を作り出す。これが命のつながぎの実質である。地球生命は命をつなぐことを本性とする存在であるといえよう。生命体の特徴とされる上述の項目は、この命のつながぎの特徴を示すものである。自己複製は命のつながぎの様式であり、細胞は命の営み

の場、細胞構造は命の営みの実現機構、物質代謝は命の実体を維持する方式、環境刺激への応答は命の営みの実態である。さらに、進化は命のつながりの戦略として位置付けられる。

地球生命が命をつなぐことを可能にしたしくみは情報システムとしての存在にある。情報システムとして創り出されることで、地球生命は命のつながりを実現し、これを維持、発展させることを可能にした。次節では情報システムとしての地球生命の存在を捉える。

II-2 ゲノム情報システムの自己展開

命をつなぐことを本性とする地球生命は物質系から創出された。無機物質からの生体物質の形成。その形成過程を情報化することから情報システムとしての生命は始まる。原始地球の海洋環境における試行錯誤の中で、DNA（デオキシリボ核酸）を情報素子とし、タンパクを機能素子とするシステムが確立していく。それは基盤情報を基に機能する情報システムである。基盤情報を担うゲノムの情報を発現することでシステムは機能する。このゲノム情報を伝えることでシステム機能をつなぎ、さらには、ゲノム情報を変化させることでシステム機能を変化、発展させる。ゲノムを基盤とする情報システム。その自己展開が地球生命である。情報システムとしての地球生命の創出。命をつなぐシステムは命をつなぎ得るシステムの創出によって実現した（垣谷宏子 2007）。この情報化が物質系におけるエントロピー増大法則の基での生命体の形成を可能にする。無秩序な物質からの秩序ある生命体形成における“負のエントロピーの吸収”（シュレーディンガー 1951、2008）、その一環は情報化によって担われていると言えよう。

システムを構成する情報素子と機能素子として、DNA とタンパクが最適の物質であるかについては、現段階で明確な判断を為すことは不可能である。しかし、原始地球環境での試行錯誤の中で、DNA とタンパクを利用することで地球生命系は始まり発展してきた。この生命の実績過程の基に現在の生命存在がある。それは偶然が必然として機能してきた連続過程の実績である。

前節で述べた生命体の特徴を情報システムの視点で捉え直すことで、生命の本性はより明確になる。細胞はゲノム情報システムの実体そのものであり、命の営みの場である。物質的存在である生命体の命の営みは物質を基盤として実現する。外界物質の代謝は必須である。取り入れた物質はゲノム情報に基づいて生体物質へ変換され、生命体を形成し、生命活動のエネルギーが取り出される。命の営みの実態は細胞内外からの刺激、その状況に応じた機能変化である。ゲノム情報の発現制御がこれを可能にする。さらに、自己複製は命のつながりの様式であり、基盤情報を担うゲノムの複製と伝達がその実質である。ゲノムの複製が命のつながりの始まりであり、その機構が命のしくみの始まりとなる。また、生息環境の変化への適応能力がなければ命のつながりは続かない。適応能力を持ち得たもののみが生き残る。この適応機能はゲノム情報を変化させることで獲得される。進化は生息環境の変化への適応過程の結果であり、その実質はゲノム情報の変異、発展にある。

III 生物の情報システム特性

生命体はシステムであり、その機能は命をつなぐことにある。地球生命の本性であるこの機能は、情報システムとして創り出されることで実現した。生命の特性は情報システムのシステ

ム特性でもある。その基本は基盤情報と機能部品の分離、および、両者のシステム化にある。情報素子と機能素子を分離することでそれぞれの特性を活かした制御が可能になり、これをシステム化することで機能の発展性が高まる。本章では、情報システムの特長として、情報内容の制御、情報発現の制御、さらに、機能素子のリセット方式に着目し、これらのシステム特性によって実現された生命の特性を捉えることにする。

Ⅲ-1 情報内容の制御

地球生命の情報システムにおける基盤情報はゲノム情報である。それはデジタル情報であり、複数状態をもつ情報表現素子の組み合わせで表現される。デジタル情報の特性はその高い加工性にある。システムの情報単位は物質単位に変換され、その物質特性を利用することで、情報の加工、制御が容易になされる。ゲノムの情報表現素子は4種のDNA塩基を持つヌクレオチドである。塩基の一次配列がゲノム情報であり、その機能単位が遺伝子、さらに染色体となる。情報内容の制御は、塩基、遺伝子、染色体などの単位で可能になる。それぞれの単位における情報内容の制御がシステムとしての各レベルにおける機能の制御に対応する。本節では、情報内容の制御の基本として、情報の複製、変異、ブレンドを考える。

物質で表現されるデジタル情報の制御性において、情報表現素子の極小性は必須の条件である。極小性が高まることで高い情報集積度が実現する。大量情報の制御可能性は情報システムの有効性を高める重要な条件である。生物細胞に内在するDNAはナノサイズである。ヒト細胞は2セットのゲノムをもつが、1セットで60億ビットの情報量を持つ。これは現在の情報技術に優る情報集積度である。ナノサイズのDNAを基にした生命のゲノム情報システム、その優れた情報集積度が多様な自己展開の基盤となり、40億年に亘る壮大な地球生命系を構築してきたのである。

情報の複製—命のつなぎ

物質で表現されるデジタル情報は、その物質特性を利用して複製される。DNAの情報表現単位となる塩基は、アデニン (A)、チミン (T)、グアニン (G)、シトシン (C) の4種である。これらの塩基はAとT、GとCの塩基間で水素結合を形成する。全ての地球生物で、その基盤情報を担うゲノムはDNAの2本鎖構造を持ち、2本の塩基鎖はAとT、GとCの塩基対を形成している。一方の鎖の塩基配列に対し、他方はこれに相補的な塩基配列をなす。従って、2本鎖となることで情報量が増えることはない。2本鎖はDNA情報の複製を目的とする構造である。DNA 2本鎖は塩基間の水素結合を切断することで独立の1本鎖となる。1本鎖のそれぞれが鋳型となることで、AとT、GとCの塩基対形成を経て、2セットの新たな2本鎖DNAが作り出される。DNA情報、ゲノム情報の複製である。

ゲノムが複製されることで細胞分裂が実現する。分裂した2個の細胞のそれぞれに複製されたゲノムが伝達され、それぞれの命の営みが可能になる。命のつなぎの実質はシステムとしての基盤情報を担うゲノムの複製、伝達である。細胞分裂は命のつなぎの始まりであり、ゲノム情報の複製による細胞分裂機構は命のつなぎを実現する機構である。命をつなぎ得るシステムの基本はDNA情報の複製機構にある。この細胞分裂による命のつなぎが地球生命系の始まりとなる。

細胞分裂は命のつなぎの必須の様式である。分裂することがなければ、細胞の営みが環境変

化に適応して存続していくことは不可能である。細胞分裂によって増殖した細胞群では、それぞれの細胞が機能変化の機会を獲得する。その多様な突然変異体の中に環境変化に適応可能な個体が出現する。個体数を増やすことで環境変化への適応確率を高める。それは予測不可能な生息環境の変化に適応していく有効な生き残り戦略である。40億年の地球環境の変遷の中で命をつなぎ続けた地球生命、その命のつながりの基本様式が細胞分裂である。

情報の変異—進化の可能性

情報システムにおける基盤情報の変化はシステム機能を変化させる。この機能制御の方式は情報システムの重要な特性である。ゲノム情報システムにおける基盤情報の変化はDNA塩基配列の変化である。それは1塩基単位から多数の塩基鎖単位に亘る多様な変化となる。この塩基配列の変化が生命機能の変化を引き起こす。この塩基配列変化はランダムな突然変異である。ランダムな変異によって起こる機能変化の多くは生存に不利となる。しかし、変異がランダムであることは有利な変異も起こり得ることを示す。突然変異によって引き起こされる機能変化、その新たな機能が生息環境に適合し、生存機能を向上させるとき、その突然変異体は生息環境の中で固定されていく。生物の環境への適応、環境変化への対応、そして、新たな生物種への進化の機構である。

ゲノム情報の突然変異の要因は多岐にわたる。細胞分裂における情報複製過程での塩基対形成の誤り、放射線障害、化学物質の影響など、生命活動の全ての場で、正常な塩基配列の維持を妨げる要因が存在する。生物が生きていく過程はゲノム情報変異の過程でもある。この過程で次世代への伝達ゲノムが変異を受けるとき、次世代個体の生存機能、生存様式が変化し、生息環境による淘汰が起こる。

ゲノム情報の正確な複製、維持は命をつなぎ基本的な機能である。しかし、次世代への伝達ゲノムが現世代と全く同一で変化することがなければ、環境変化への適応、進化は不可能となる。ゲノムにおける突然変異の存在が生息環境への適応能力の獲得を可能にする。当然のことながら、その確率は極めて低い。しかし、この低い確率の累積が40億年の地球生命系の進化、発展を可能にしてきた。ゲノム情報の複製、伝達の正確さ、これと共に、ゲノム情報の変異の可能性。この絶妙のバランスを実現する情報表現物質、情報制御機構の創出が地球生命系の命のつながりの基盤である。

情報のブレンド—多様性の創出

デジタル情報の特性は情報多様化の容易さにある。物質で表現されるデジタル情報は情報表現単位を組み合わせることで多様化される。情報ブレンドによる多様性の創出である。ゲノム情報システムの基盤である情報分子DNAの多様性獲得はこの特性に基づく。DNA塩基配列は4種の塩基の組み合わせによって表現される。複数状態を持つ素子の組み合わせによる多様性の創出、それは現在の情報技術における情報表現の原理でもある。

機能分子タンパクの多様性創出も同じ原理に基づく。タンパクはアミノ酸の鎖状結合分子である。地球生物のタンパクを構成するアミノ酸は特定の20種に限定されている。この20種のアミノ酸の組み合わせがタンパクのアミノ酸配列となる。アミノ酸配列の多様性がタンパクの構造多様性となり、機能の多様性を生み出す。タンパクを構成するアミノ酸はDNAの3つ組塩基である遺伝暗号コドンによって指定される。このコドンの配列がDNAの遺伝子単位となる。

このようにして、タンパクのアミノ酸配列は DNA の塩基配列によって決定される。これは生命科学におけるセントラル・ドグマの基本でもある。

情報単位の組み合わせによる多様性の創出、この多様化原理は生命機能の多様性を生み出す機構として有効に活用されてきた。多様性の獲得はシステム機能の柔軟性、適応性を高める。地球生命系の自己展開過程、その多くの段階で多様性の創出は生き残り戦略として活かされてきた。

有性生殖機構はその典型例である。有性生殖は染色体の組み合わせによる次世代ゲノムの多様化機構である。現世代個体をもつ染色体の半数がランダムに選ばれて生殖細胞のゲノムとなる。雌雄の生殖細胞の融合による受精卵のゲノムが次世代個体のゲノム情報である。それは両性の現世代個体が持つ染色体の半数の組み合わせとなる。染色体数が増加することで莫大な組み合わせが可能になり、その多様性が次世代個体群のゲノム多様性を生み出す。種内におけるゲノムの多様化は環境変化に対する生き残り戦略である。ゲノムの多様化が生命機能の多様化を実現し、予測不可能な環境変化への適応能力を高める。

Ⅲ-2 情報発現の制御

発現制御による営みの実現

情報システムは基盤情報を基に機能する。基盤情報がなければシステムは機能しない。しかし、情報は発現されることで価値を持つ。しかも、必要に応じて発現されることで本来の価値を発揮する。発現制御によるシステム機能の制御、それは情報システムの重要な有効特性である。情報の発現設定、発現順序の制御により、同一の基盤情報を持つシステムが異なる機能を実現する。それは環境変化に応答する営みを可能にするシステム機能である。このシステム特性を活かすことで命の営みは有効に機能し持続していく。

生物細胞のゲノム情報における発現制御の基本は情報転写段階での制御である。その基本機構はゲノムの特定位置での化学的、物理的修飾による。それは生存の基本機構、生きる営みを可能にする機構として獲得された。

多細胞生物における機能分担

情報発現の制御可能性、このシステム特性を有効に活かすことで多細胞生物への進化は実現した。多細胞生物を構成する細胞は原則として同一のゲノムを持つ。各細胞は分化細胞として特定の機能を持ち、これらが統御されることで個体全体としての機能が可能になる。分化細胞での特定機能の実現には、その機能に必要な遺伝子の発現促進、さらには、不必要な遺伝子の発現抑制が重要になる。細胞ゲノムの各遺伝子に対する必要に応じた発現制御によって、各細胞は特定機能を持つ分化細胞として機能する。この情報発現の制御は分化細胞に応じて異なる。個別の分化細胞に対する情報発現の制御、さらには全細胞の個体としての統御が必須となる。これらの機能を実現する機構の獲得が多細胞生物への進化を実現した。

多細胞生物における受精卵細胞からの個体発生過程は細胞分化の過程である。この過程で各細胞の情報発現制御が進展する。全能性を持つ受精卵ゲノムでは全ての遺伝子の発現が可能である。細胞分裂による発生過程に応じて、ゲノムは修飾を受け、遺伝子の発現制御が進行する。この後天的なゲノム修飾（エピジェネティック変化）（佐々木裕之 2005、2009）の過程、遺伝子の発現制御の過程が多細胞生物の個体形成過程である。

スーパー情報システム

多細胞生物の個体を構成する分化細胞は、それぞれがゲノムを基盤情報とする情報システムである。これらを統御する多細胞生物はスーパー情報システムとして位置付けられる。多細胞生物は同一ゲノムを持つ細胞集団である群体から進化した。群体を構成する細胞間の機能分担、それらを制御する統合システムが多細胞生物である。この進化過程を基に、多細胞生物における各細胞の制御機構、さらには、個体全体の統御機構は開発された。

スーパー情報システムである多細胞生物の基盤情報は受精卵細胞に存在するゲノムを原型とする。それは細胞分裂によって分化細胞に引き継がれていく。受精卵細胞のゲノムは個体形成の進行とともに修飾を受け、それぞれの分化細胞に特化された発現制御を持つゲノムとなる。この特化された情報発現が分化細胞の特定機能を実現する。この分化細胞を含め、個体を構成する全細胞のゲノムの総体が多細胞生物を統御する基盤情報となる。それは受精卵細胞に原型として存在したゲノムからの発展である。

制御様式の多様性

多細胞生物の個体形成において、ゲノム情報発現の制御様式は生物種によって大きく異なる。生物種が持つ基本機能、その存在様式に応じた発現制御がなされる。栄養様式の異なる動物と植物は対照的な制御様式をもつ（垣谷宏子 2010）。動物におけるゲノム修飾は、進化系統、進化段階に応じて異なる。高度な運動機能を持つほ乳類などの高等動物では、強固なゲノム修飾がなされ、その修飾は容易には変更されない。この結果、分化細胞における遺伝子発現の抑制は解除されず、脱分化は禁止される。この厳重に管理された制御様式が定型構造の個体形成、その維持を可能にする。従属栄養様式の動物では、高度な運動機能の獲得は生存の必須条件である。定型の個体構造が各部位を個別に制御する運動機能を実現する。この厳重な脱分化抑制を解除し、再プログラム化する技術が体細胞クローン胚、iPS 細胞などの技術（山中伸弥 2009）である。

一方、植物のゲノム修飾は変更可能であり、遺伝子の発現制御は柔軟である。体細胞は原則として脱分化可能であり、全能性を維持する。この柔軟な制御様式が柔軟な個体構造の形成を可能にする。独立栄養様式の植物は運動機能を必要としない。生息環境に応じた柔軟な個体構造が植物の生存能力を高める。柔軟な情報発現の制御様式が、細胞分化、個体構造、生殖様式における柔軟な植物の存在様式をもたらす。

Ⅲ-3 機能素子のリセット方式

基盤情報と機能部品の分離

機能部品の使い捨て、つまり、リセット方式は情報システムの有効特性である。その基本は情報システムにおける基盤情報と機能部品の分離にある。基盤情報に基づいて機能部品を作り出し、システムとしての機能を実現する。疲弊した機能部品は処分し、基盤情報を基に新たな機能部品を作成する。システム機能は新たな機能部品に継承されていく。リセット方式はシステム機能の効果的な維持方式であり、基盤情報の確保を基に有効に機能するシステム特性である。

このリセット方式のシステム特性は、ゲノム情報システムとして創り出された地球生命において有効に活用されてきた（垣谷宏子 2010）。地球生命の初期段階の細胞において、基盤情報

を保持する情報分子ゲノムと細胞機能を担う機能分子タンパクはシステム化された。機能分子タンパクのリセット方式を取り入れることで、地球生命の情報システムは自己展開を始める。疲弊したタンパクを消滅させ、ゲノム情報を基に作成される新たなタンパクで細胞機能を維持していく。この方式は多細胞生物段階を含めた細胞維持機構の基本であり、さらに、細胞の新陳代謝による個体維持機構として発展する。また、多核構造を持つ真核単細胞生物の段階では、一定の細胞分裂の後、大核ゲノムは消滅し、小核ゲノムから新たな大核ゲノムが作り出される（高木由臣 2009）。それは基盤情報としての小核ゲノムの確保、これに基づく大核ゲノムのリセット方式である。

動物個体寿命への発展

この大核ゲノムのリセット方式がほ乳動物などの高等動物における個体寿命の様式に発展する（垣谷宏子 2010）。従属栄養生物である動物の生存に必須となる部位別制御の運動機能。この機能を可能にするための厳格な定型個体構造の形成、維持。この実現によって余儀なくされる個体寿命の到来。その選択を可能にする生殖細胞系列のゲノムによる次世代生産。これらの選択進化の統合が個体寿命、つまり、生殖期後の体細胞系列の消滅システムである。それは動物個体のリセット方式である。生殖細胞系列のゲノムを基盤情報として確保することにより、機能部品としての動物個体をリセットし、システム機能の効果的な維持を実現する。動物の個体寿命は命のつながりを確実にする生存戦略の帰結である。

動物の個体寿命はゲノム情報の自己展開系としての生物存在が創り出した見事なシステムである。それは情報システムとしての特性を統合した生存戦略の様式である。ゲノム情報の複製、伝達による命のつながり方式、基盤情報の発現制御による有効な個体形成方式、機能部品のリセット方式、これらの特性を統合することによって実現したのが動物個体寿命のシステムである。

さらに、この動物進化の方向が人の知性進化へと発展していく。この新たな方式の自己展開情報システム、人の知識情報システムは第V章で示す。

IV 非情報化システム—生態系

IV-1 自己展開の判定システム

物質系を基盤として創り出された生命系の自己展開は物質系の原理に則って進行する。情報システムである生命系の自己展開はゲノム変異によって起動する。ランダムな突然変異の中に生存能力に優れた変異体が生まれても、その全ての生存が可能となるものではない。突然変異体が生き残る条件は生態系における安定な生息地位の獲得である。生態系は多様な生物種が相互作用を介して生息するシステムである。この生態系が新たな変異体を淘汰する。淘汰の実質は生態系の持続可能性であり、その判定は物質系の原理に則る。持続可能性を判定する物質系の原理は、安定な物質循環、安定なエネルギー流の確保である。生態系はゲノム突然変異と物質系原理の調整システムとして機能する（垣谷宏子 2007）。

生態系の形成過程は情報化されていない。ランダムなゲノム変異によって出現する突然変異体の形質は予測不可能である。予測不可能な新種は既存の生態系の中に予測不可能な相互関係を作り出す。この試みの全てを受け容れ、安定化を模索する過程が試行錯誤方式の生態系形成過程である。情報化されていない柔軟なシステム形成の方式が多様な突然変異、多様な相互関

係を促進し、豊かな生態系を築く。この生態系の豊かさが地球生命系の命のつながりを確実にしてきたのである（垣谷宏子 2007）。

IV-2 関わりの情報化

生態系はスーパー情報システムである。その構成要素となる情報システムは系内に生息する多様な生物種である。この生物種間に形成される相互作用の統合システムが生態系であり、それは非情報化システムである。一方、前述のように、多細胞生物は情報システムである。その構成要素である細胞間の相互作用は情報化されている。構成要素間の相互作用における情報化と非情報化。この両者の違いはシステムの形成過程に依存する。さらに、この違いが形成されたシステムの機能特性を定め、システムの位置付けを決定していく。

スーパー情報システムの構成要素である情報システムは、それぞれが情報変異によって自己展開を起こす。これらの自己展開は構成要素間の相互作用を変え、スーパーシステムの機能も変化を受ける。構成要素の自己展開がランダムに発生するとき、その構成要素間の相互作用における変化は複雑となり、新たな相互作用の統合には高度な機能、その機構が要求される。相互作用の非情報化は構成要素の自己展開を促進し、相互作用の情報化はこれを抑制することになる。生態系は前者の場合であり、多細胞生物は後者の場合である。

IV-3 調和の中の自己展開

生態系の基盤は物質循環系にある。それは物質系の原理に基づく循環系であり、情報化されたシステムではない。この物質系の中に、地球生命は物質循環を安定させる系として創り出された。非情報化システムである地球物質系が創り出した情報化システム、地球生命系。その生命系を含めた地球物質の循環系が地球生態系である。元来、それは情報化されることのないシステムである。前述のように、生態系の機能は各生物種の多岐に亘る自己展開、突然変異を最大限に受け容れ、種の多様化を図ることにある。情報化されていない柔軟なシステム形成の方式が有効な方策となる。

一方、情報化されたスーパーシステム、多細胞生物個体は命のつながりの実体である。群体からの多細胞生物への進化はゲノムの突然変異から始まり、その累積が多細胞生物を生み出す。変異を累積したゲノムが多細胞生物個体のゲノムとなる。それは命の実体が起こすゲノム変異であり、細胞間の相互作用情報を含めて累積していく。新たな相互作用情報の創出は多細胞生物の進化そのものである。多細胞生物では、構成細胞の自己展開は個体全系の中で管理される。個体ゲノムの基に分化細胞が統御されることで、多細胞生物の命のつながりは実現する。

多細胞生物での細胞間相互作用は情報化され、生態系での生物種間相互作用は情報化されることはなかった。それはスーパーシステムの階層における仕様の違いである。この仕様が最善であるかどうかは人の判断を越えるものであろう。その判定は今後の地球生命系の展開が下すことになる。しかし、全ての階層で情報化されたシステムでは、地球生命系の命のつながりは不可能であったと考えられる。システム全系の情報化はシステムの柔軟性を低下させる。情報化されない系を組み入れることで、システム内外の変動への柔軟な適応が可能になる。この柔軟性がシステム全系の持続性を高めていく。地球生命系における情報化システムと非情報化システム、その絶妙の調和が40億年に亘る命のつながりを可能にしたのである。

V 人の知識情報システム

人の知識情報システム、それは地球生命系が創り出した新たな方式の自己展開情報システムである（垣谷宏子 2009）。人の知性進化は動物の進化過程を基盤とする。情報発現の制御、このシステム特性を活かすことで動物の高度な運動機能は獲得された。厳重な情報発現制御が定型の個体構造を造り、中枢神経系統の発達が個体の部位別制御運動を可能にした。この中枢神経系統の発展を基に人の知性は実現した（垣谷宏子 2010）。本章では、人の知性による知識情報システムを情報システム特性の視点で捉える。

V-1 意思に基づく自己展開

人の知識情報システムにおける基盤情報はヒト個体脳内の知識情報、および、外部媒体による知識情報である。その情報発現系は人社会全体に亘る。知識情報システムの自己展開は人社会の意思に基づいて起動する。人社会の意思が基盤情報を変異させ、その変異が情報発現系である人社会を変える。

この自己展開の方式はゲノム情報システムと大きく異なる。ゲノム情報システムにおいてはゲノムの突然変異が自己展開を起動する。ランダムな突然変異によるゲノム情報の変異に従って、情報発現系である個体の機能は変化する。この制御は一方方向であり、情報発現系である個体に制御されて基盤情報ゲノムが変異することはない。情報システムの自己展開、その展開方式の違いが知識情報システムの特性を作り出す。それは基盤情報と情報発現系の相互作用に基づく展開。錯綜する重層的な自己展開の有り様である。

情報内容の制御：IT 技術への進展

ヒトの脳内知識情報は知識情報システムでの基盤情報の源である。脳内情報を担う神経回路の機構、その機能はヒトへの進化過程で創り出された。人文明発展の歴史とされる最近の1万年間で、その機構の大きな進化は起こらなかったとされる。大きく進化、発展したのは外部媒体による知識情報の機構である。人は文明の発展過程で、多様な媒体、手法を知識情報の記録、伝達に利用してきた。それは知識情報における内容制御の特性を示すものでもある。その特性を驚異的に進展させたのが現代の情報技術である。IT 技術の開発、発展によるコンピュータ、通信技術は情報内容の加工、伝達を容易にした。情報内容の複製、変異、ブレンドは情報加工の基本であり、情報伝達はシステム統御の重要な一環である。IT 技術は情報内容の制御可能性の特性を象徴するものであり、現代の高度情報化社会はその特性を活かすことで築かれた社会である。

情報技術の進展は知識情報システムの特性である。ゲノム情報システムでは、全ての生物個体は DNA をゲノム情報の表現媒体とする。地球生命の創成過程では、多様な物質が表現媒体として試みられたと考えられるが、DNA を基盤とするシステムの確立後は、新たな表現媒体が安定して機能することはなかった。DNA を共通の表現媒体として、地球生命系のゲノム情報システムは自己展開を続けてきたのである。

一方、人の知識情報システムは、脳内情報に加えて、外部媒体による情報を基盤情報とすることで飛躍的に発展してきた。言葉の獲得とともに、有効な媒体、手法の開発は脳内情報の効率的な進展を導く。その進展がさらに有効な情報技術の開発につながる。現代の情報技術に至

る外部情報機構開発の自己展開、これを活用した高度情報化社会への自己展開。この自己展開を進めてきたのは人社会の意思である。それは利便性の高い外部情報機構への進展を求める人社会の意思である。

この情報技術の開発にみられるように、知識情報システムの自己展開は人社会の意思によって起動する。その展開は人社会の意思に基づく指向性を持ち、さらには、蓄積された知識情報の活用が自己展開の効率性を高める。この指向性、効率性が知識情報システム自己展開の特性である。それは制御可能な自己展開システムである（垣谷宏子 2009）。

情報発現の制御：人社会の発展

知識情報システムの基盤情報、その発現が人社会を造り出す。発現される情報に応じて人社会の仕様は決定される。人社会における機能システムは多様な視点に基づく単位で構成され、それらが錯綜し、重層的に相互関係を持つ。その統合系が人社会、つまり、知識情報システムの情報発現系である。それは錯綜する重層系として形成されたスーパーシステムでもある。

人社会の仕様を決定する発現情報は人社会の意思に基づいて選択される。人社会の意思が自らの社会の有り様を決定する。知識情報システムにおいては、基盤情報の内容制御、発現制御は人社会の意思に基づいて進行する。その自己展開は知識情報と人社会の相互作用、つまり、基盤情報と情報発現系の相互作用による展開である。この意思による制御可能性が人知識情報システムの急速な発展を促し、人の生存能力を驚異的に高め、人社会の繁栄を築いてきた。

リセット方式：人社会の変遷

情報システムとしてのリセット方式は、機能素子、情報発現系のリセットである。知識情報システムにおける機能素子、情報発現系は人社会である。錯綜する重層的な相互作用で形成される人社会は、生物個体のような明確な個別単位を持たない。人社会のリセットは、多様なシステム単位の統合として、並行的、連続的な移行の中で進行する。それは人社会の変遷の様式である。

ゲノム情報システムにおけるリセット機構との違いは、人社会の意思がシステムの自己展開を引き起こし、人社会のリセット、その変遷を制御することにある。栄枯盛衰は人社会の常である。それは緩やかに進行することもあれば、急激な転換となることもある。その進展の仕様は人社会の意思が決める。

また、情報システムにおける情報発現系のリセットは基盤情報の保全の下に進行する。人社会の変遷においても、基盤情報である知識情報系は次世代の人社会に受け継がれていく。人社会は過去の社会が築いた文明を知の遺産として引き継ぎ、これを基に新たな文明の展開を進める。それは人社会のつなぎであり、人文明のつなぎである。

人の知識情報システムの自己展開は基盤情報と情報発現系の相互作用による展開である。情報発現系である人社会、この人社会の意思が自己展開を制御する。情報内容の制御、情報発現の制御、さらには、発現系のリセットを含めて、人社会の意思に基づいて自己展開は進展する。その指向性、効率性が知識情報システムにおける情報システム特性であり、この特性が人社会の急速な発展を実現し、さらには、新たな課題をもたらす。システムの自己展開が人社会の意思による制御を超えると、それは新たな自己展開システムへの発展課題となる。

V-2 自己展開の判定

人社会の意思、心の形成

人社会の意思は人社会を構成する個人の価値観の総意である。この価値観が知識情報システムの自己展開を起動し、リセットを含めて情報発現系である人社会を制御する。さらには、この自己展開の過程は人社会の価値観によって評価され、その評価に基づいて、次への自己展開の方向が決定されていく。知識情報システムの自己展開は人社会の価値観が制御する展開である。

人の価値観は人の心が生み出す。心は精神存在の一環であり、その形成は情報化されてはいない。知識、本能、そして、他者との関わりに基づく感動、これらの精神活動の統合が心の営みを生み出す。個人の生きる環境、生きてきた過程、その総体が人の心を編み出す。その形成は機能的にシステム化されることなく、他者を含めた多様な要素間における多様な関わり合いの中で編み出される。情報化されることなく形成される心、この心が人の価値観を生み出す。

人社会の価値観は社会を構成する個人の価値観の相互作用、その統合から形成される。情報化されることの無い心を基に形成される人社会の価値観は多様である。社会の存在環境、社会変遷の歴史、文化、これらの多岐にわたる多様な要素が人社会の価値観を形成していく。その多様な価値観に制御されて、多様な人社会の有り様は発現される。

自己展開の持続可能性

知識情報システムの自己展開、その情報発現系である人社会、その多様な有り様、その評価、判定、そして修正。これらは、全て、人社会の価値観に基づいて進展する。この価値観は個人に依存し、社会に応じて異なり、時代とともに変化する。それは地域を越え、時代を越えて通用する絶対的な原理ではない。この価値観に基づく自己展開の評価は人社会における内部評価に過ぎず、システムの中で閉じている。知識情報システムの自己展開は価値観をも含めた自己展開である。

知識情報システムの自己展開、その展開の持続可能性は人社会の中では判定され得ない。人社会はこれを判定する機構を持たない。その判定は人社会の存在基盤である生態系によってなされる他ない。判定の基準はゲノム情報システムの自己展開と同じであり、その原理は物質系の原理である。人の知識情報システムはヒト存在を基盤とする。それはヒト、人への進化を含めて、ゲノム情報システムが創り出した自己展開の一環である。

人の価値観は知性の発展に伴って変化する。人の知性が生命系自己展開の基本原則、人社会の現状を認識するとき、新たな価値観は人社会の持続可能性、ヒト生物種の命のつながりを選択することになる。それは人社会に求められる次への自己展開となる。その自己展開の是非、これを判断するのも人社会の価値観である。この判断をも含めて、人の知識情報システムは自己展開を続ける。

VI おわりに

地球生命系の自己展開はゲノム情報システムとして創り出されることで始まった。ゲノムを伝えることで命をつなぎ、ゲノムを変えることで進化した。情報システムとしての特性を活かすことで、地球生命系は命のつながりの様式を発展させ、自己展開を進めてきた。それはゲノム

の戦略、ゲノムを基盤情報として利用する戦略である。このゲノムの戦略の中で、生態系が機能し、人の知識情報システムが創り出された。それは40億年に亘るゲノム情報システムの自己展開戦略である。

ゲノム情報システムとしての地球生命、非情報化システムである生態系、さらに、人の知識情報システム。情報化システムと非情報化システムの自己展開、その絶妙の関わり合いの中に人は生きる。人の心はこの過程の中で創出された。心の形成が情報化されなかったことは幸いである。情報化されることのない心で、情報化されていない生を生きる。それが人の生き様である。自らのゲノムに刻まれた40億年の命のつなぎ、その基に生まれ、人として生き、命をつなぐ。確実なゲノムの基盤のもとに、ゲノムに刻まれることのない自らの心を編み出し、自らの生を紡ぎ出す。それは人の生の歓びであろう。その生の営みの中に、遥かなる命のつなぎを認識するとき、人は宇宙の心を実感し、その中に包まれていくのであろうか。

参考文献

浅島誠、黒岩常祥、小原雄治

2009：「現代生物科学—第1巻 ゲノム科学の基礎」岩波書店

2010：「現代生物科学—第2巻 ゲノム科学の展開」岩波書店

垣谷宏子 2007：「つながりのいのち—ゲノム情報システムの自己展開」

名古屋商科大学論集 Vol. 51-2

垣谷宏子 2009：「つながりのいのち—知の戦略」

名古屋商科大学論集 Vol. 53-2

垣谷宏子 2010：「つながりのいのち—寿命の戦略」

名古屋商科大学論集 Vol. 54-1

佐々木裕之 2005「エビジェネティクス入門」岩波書店

2009「ゲノムの高度活用戦略—エビジェネティクス」

「現代生物科学—第1巻 ゲノム科学の基礎」第4章 岩波書店

シュレーディンガー 1951（新版2008）：「生命とは何か—物理的にみた生細胞」岩波書店

高木由臣 2009：「寿命論」日本放送出版協会

マイケル他 2001：「生命とは何か それからの50年—未来の生命科学への指針」培風館

山中伸弥 2009：「再プログラム化による多能性幹細胞の誘導」

「現代生物科学—第7巻 再生医療生物学」第3章 岩波書店