

# 自然システムの階層とレベル間の相互作用

中島敏幸

愛媛大学理工学研究科

自然や人間社会の現象を記述し説明する上で、システム概念は極めて重要な役割を演じてきた。しかし、システムを「相互作用している要素の集まり」として定義すると、自然であれ社会であれ、何らかの相互作用をたどっていくと宇宙全体にまで広がってしまう。もしそうなら、自然をシステムとして理解することは、対象が巨大で複雑すぎるために、事実上不可能になる。

この問題に対して、Herbert Simon は、要素間には相互作用の強さの濃淡があり、相対的に他と切り離れたかたちで特定の要素の集まりを1つのシステムとしてみる事ができるという見解を示した。自然における物的実体も人間社会における構成員も、このような相互作用の強さの程度から、内部の要素間の相互作用のより強いサブシステムに近似的に分解でき、更にそれぞれのサブシステムは、同様に、相互作用の強さの程度から、内部の要素間の相互作用がより強いサブサブシステムに分解できると考えた。システムの組織のこのような階層構造の存在によって、我々は、特定の興味あるレベルに焦点を当て、その過程を有効に取り扱えるわけである。例えば、分子間の化学反応を扱うには、原子内の相互作用は分子間のそれより遙かに強いので、原子それ自体の生成や消滅を考える必要はなく、原子をビルディングブロックとしてそれらの離合集散として化学反応を見ればよい。このようなシステムの階層は、各階層のレベル固有の空間スケールと時間スケールを持つことになる。例えば、分子-細胞-個体-地域-個体群・・・という様に生命システムを階層的に捉える場合、システム(或いは実体)の階層の上位レベルにいくにつれ、空間スケールは大きくなり、状態変化の時間スケールも長くなる。

しかし、近似的分解性によるシステムの階層性のみで全てのシステムの階層性は説明できない。その一つの例は、生命のつくる階層性である。生命の階層構造には、確かに近似的分解性により形成される階層性も含まれる。しかし、これとは異なる階層形成原理も存在する。それは、システムの構成要素が時間を通して生成、分解、更新されながらシステムの構成に参加することによってシステムが維持され、そのシステムが同様の様式で上位システムを構成するという階層形成である。近似的分解性によるシステムの階層性は、要素が“共時的に”システムを構成し、それらが同様に共時的に上位システムを構成するという階層形成様式である。これに対し、後者においては、要素が“通時的に”システムの構成に参加し、そのシステムが、同様に、通時的に上位システムを構成するという様式である。通時的様式で時空間上に階層化された大きなシステムを構成する、という見方は、システムの修復、自己複製や進化という過程を説明するうえで不可欠な階層概念であると考えられる。

我々のもう一つの問題は、階層のレベル間の相互作用である。自然科学において、階層システムの特定レベルに焦点を当てそれを解析するという手法の有効性は否定できない。しかし、これは同時にある種の問題を生むことになる。それは、切り出されたレベルの現象を理解するためにレベル内の相互作用の解析が主となり、レベル間の相互関係、即ち、下位レベル(-1)や上位

レベル(1)との相互作用が対象のレベル(0)の過程にいかなる影響を持つのかということが不明になるという問題である。下位レベルからの上向きの、そして上位レベルからの下向きの因果性がいかなるものかという理解は対象レベルの現象に無関係ではあり得ない。還元主義が主流の科学研究においては、下位レベルからの影響の解析は詳しくなされることが多いが、上位レベルからの効果は多くの場合十分な解析がなされないことが多い。一般に、あるレベルの現象の理解には下位と上位の双方からの効果を考慮し解析する必要があるだろう。

この講演では、はじめに、様々に異なる意味で用いられている階層という言葉の意味を整理し、本ワークショップの他の演者が焦点を当てる階層概念についても注意を払いながら、共時的および通時的階層構造について実例を示してその構造を明らかにしたい。その後で、各々の階層構造におけるレベル間の相互関係について、実例を示しながら論じ、今後の展望を議論する。