

複雑適応系における自律分散制御と創発性

(補遺：複雑適応系時代における教育問題)

楠 菊 信

論 旨

近年 多くの素子が群れをなして行動する複雑適応系に興味が持たれるようになった。例えば、多数の蟻の群れは、餌場と巣の間を整然と往復し、優れた搬送システム、営巣システムを構築している。いくつかの複雑適応系の事例において、各々を1つのシステムとして外部からみるときに、これらには次の共通の特徴がみられる。即ち、自律分散制御であること、各素子を結び付ける結合アルゴリズムが極めて簡単であること、それにも拘わらず群れとして大きな付加価値を得ていることの3つである。ここでは、物理現象、ネットワーク機能、人間の社会活動について、上記の観点からの考察を試みる。

なお、上記とはやや見方を変え、複雑適応系時代における教育問題として、これに関する私見を追記する。

1. はじめに

従来の自然現象の解析対象に単純適応系がある。例えば一般相対性理論で示される分野は、重力と宇宙の大局的な関係を、力学的に一意に記述可能とする単純適応系である。これは宇宙全体の大きさに係わる尺度の構造を対象とするが、対象個数は一般に少ない。人工衛星等の宇宙飛翔体の制御を例にとれば、太陽、地球、月の3者を中心とし、一般相対性理論を適用することにより、空間的・時間的に極めて精度の高い解析が可能であり、その飛翔体の動きをほぼ完全に捉えられるようになっていく。

これに対して近年、多くの素子が群れを

なして行動する、複雑適応系に興味が持たれるようになった。これは相対的に小さな尺度の構造を対象とし、しかも対象個数は一般に極めて多い。原子・分子群の動き、生体細胞群の成り立ち、蟻や蜂の群行動、経済現象等のように、我々の身近な世界には、複雑適応系の方が遥かに多い。

ここで、上記の素子・個体のような、系を構成し相互に影響し合う活動単位をエージェントと名付ける。このとき、複雑適応系は多くのエージェントが集まり、群れとして行動する大きな1つのシステムを構築していることになる。ここでは、両者の関係、システムの内部構造、動作メカニズム等について、若干の考察を試みる。

2. 複雑適応系

2.1 モデルとその構造分析

多数の蟻の群れが、餌場と巣の間を往復する光景をよく見かける。餌を発見した蟻達は、一列となって迷うことなく往復するが、これは先行する蟻が“道標フェロモン”を残しながら歩いて、その間の経路を仲間知らせるからだと言われている²⁾。しかもこのとき、餌場と巣の間は必ずしも直線的な最短経路で結ばれているわけではなく、フェロモンが接地面に吸収され難い、枯れ葉や丸太等の上を選んでいるとのことである。後続する蟻も同じことをするので、フェロモンの効果は薄れることなく、最後まで維持される。このようにして蟻同士がフェロモンを介して互いに協調し、列をつくり衝突なしに歩くことができる、効率的な搬送システムを構築しているのである。

このとき、個々の蟻に対して、事細かに動作を指令する統治者がいるわけではなく、蟻同士が事前に連絡をとり、合意を得た上で行動を決定しているわけでもない。各蟻は本能又は経験により得た学習効果に基づいて自己の行動を決定し、実行しているだけである。

ここで重要なことは、各エージェントが、個々に意思決定をしていること、システム全体の統治者がいないにも係わらず、群れ全体が1つのシステムとして、高度の次元の別の意思決定をし、その目的を実現しているように見えることである。

本モデルにおいて、各エージェントの細部仕様は必ずしも明確ではないが、全体を1つのシステムとして外から見るときに、その特徴をいくつかの断面で捉えることができる。

(1) 自律分散制御

多くのエージェントに協調動作をさせるときに、エージェントの個数が余り多くない間は、上記の単純適応系のときのように、中央で一括管理する集中制御により、個々のエージェントの動きを監視・制御することができる。しかしエージェントの個数が数百、数千を超えるようになると、集中制御に要する情報量が膨大となり制御も一層複雑化して、自律分散制御に移行せざるを得なくなる。一方分散されているために、一部のエージェントが損なわれても、その機能は他のエージェントにより容易に代替されるので、システムの信頼性の急落のない、ロバスト(頑健)なシステムとなる利点も生ずる。

(2) 結合アルゴリズム

自律分散制御ということは、自分の回りの少数のエージェントとの相互コミュニケーションのみによって、行動することを意味する。このとき、隣接するエージェントとの間の関係を規定するルールを結合アルゴリズムと名付ける。この結合アルゴリズムを抽出し、顕在化できるならば、システムの性格をより具体的に記述することが可能となる。本モデルでは、先行する蟻と後続する蟻がフェロモンを介して結合されており、この間の規定が結合アルゴリズムに関連することとなる。

(3) 基盤設定条件

本モデルにおいて、フェロモンによる経路設定、各蟻の本能や経験による学習効果等は、システム動作の前提条件となるものであり、基盤設定条件と名付ける。これは、結合アルゴリズムと密接な関係にある。特

に動植物の場合には、長年月をかけて両者の整合性が図られる。従って人間がこの基盤設定条件を安易に乱すと、両者の整合性を短期間に修復することは殆ど不可能であり、その種を絶滅の危機に追いやる結果になってしまう。

(4) 創発性

蟻の知能レベルからみて、その結合アルゴリズムがそれ程高度とは考えられない。簡単な結合アルゴリズムであっても、基盤設定条件との関係が適切であれば、群れとして優れた搬送システム、営巣システムを構築することができるのである。即ち、各エージェントが結合アルゴリズムに基づいて集合することにより、群れとして大きな付加価値を得ることになる。この性質を創発性と名付ける⁸⁾。

2.2 複雑適応系の属性

本モデルと後述する実システム例から、複雑適応系システムに共通する属性を抽出し纏めると、次のようになる。

- ・ 属性1：同じ性質のエージェントが多数あり、広いエリアに分散している。但し、これらを統合する統治者は存在しない。(これは複雑適応系システムの定義である)
- ・ 属性2：各エージェントは自分の近くのエージェントとだけ、同種のルールでコミュニケーションを行う。(これは自律分散制御の定義である。ここでいう“近く”は、コミュニケーション上の距離であり、通信手段の強化は空間的な距離の短縮と等価とみなす。)
- ・ 属性3：各エージェントは同時並行的に動く。(このために、エージェント数が膨

大であるにも拘わらず、システムとしての反応は高速となる。)

- ・ 属性4：全てのエージェントは、同じ状況になるように動く。(物理現象では、“エントロピー増大の法則又は物性の均一化志向”に従って動く。人文系では、人権主張から“基本的人間環境の均一化志向”に従って、ほぼ動く。)

3. 実システムによる検証

3.1 物理現象

(1) 対流他

対流現象を図1により示す。(a)の水槽に水を入れ、底面の中央部を中心に加熱を続ける。初期の段階では、液体は伝導により熱を運ぶが、加熱されて熱量がある閾値を超えると、対流モードに移行する。対流発生の状況を同図(b)に示す。対流モードの初期に先ず暖かい水の塊ができ、これが徐々に成長して、次に示す機構により対流を生ずるようになる。水に限らず一般に液体の圧縮は難しく、密度を殆ど一定に保とうとする。水分子同志がある限度を越えて近付くと、密度増加を伴うので相互に反発する。即ち、ある一群の水の塊が移動すれば、密度を一定に保つために、近傍の水の

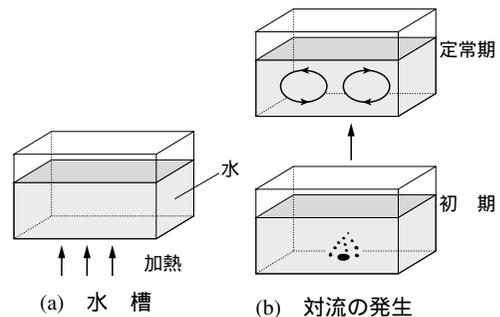


図1 対流現象

塊も移動して空き空間を埋めようとする。このように分子間には短距離力があり、個々の分子は近くの分子の様子のみを感知して、温度・密度一定の状態を保つように調整し合う。そのためにこれらの分子は大体同じ方向に同じ速度で運動するようになり、対流の規則的なパターンが形成される。一旦パターンが形成されると、遠く離れている分子も相互に関連し合いながら運動し、長距離相関も形成され、安定且つ定常的な対流に落ち着く。ここでは、各水分子がエイジェントとなる。従って、

結合アルゴリズム：「隣接するエイジェントは属性4の均一化志向により、温度・密度が一定となるように相互に調整する。」となる。

小さな魚が大きな群れを作り回遊する光景をよく見かける。このとき、各魚がエイジェントである。相互に近付き過ぎると泳ぎ難く、離れ過ぎると群れから脱落してしまう。即ち、上記と同じように相互に短距離力が働いて群れを保ち、大魚を疑似して群れを守り、種の保存を図っていると考えられる。

(2) 拡散

拡散現象を図2により示す。水槽にインクを一滴垂らすとする。落下の直後にはその塊の中の密度が高く、各分子間で衝突が頻繁に起こる。その他の水の部分にはインクは未だ存在せず、密度は零であり衝突は起こらない。即ち、密度の高い所にいる分子は、衝突の起こり難い密度の低い方へ移動し、次第に密度の差が小さくなり、全体の密度が均一化した所で落ち着く。これは、属性4に基づく自然力による現象であり、拡散と呼ばれる。これを逆方向に変化させ

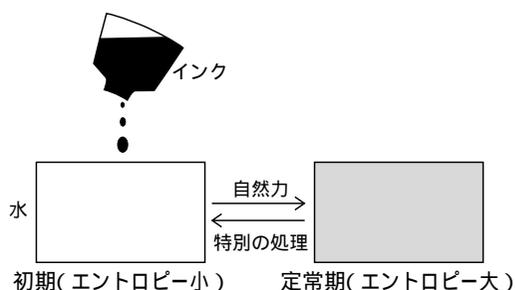


図2 拡散現象

るためには、新たな資源やエネルギーの消費を伴う特別の処理が必要になる。このとき、水とインクの分子がエイジェントである。従って、

結合アルゴリズム：「隣接するエイジェントは属性4の均一化志向により、物性・密度が一定となるように相互に調整する。」となる。又(1),(2)項に共通の条件として、

基盤設定条件：水やインクの物理定数により、一意に定まる。

創発性：一般には、人為の介入する余地は少ない。但し、新しい物理環境が発明されれば、別である。

3.2 ネットワーク機能

コンピュータネットワークの中で、自律分散制御を行っているものの典型はインターネットである。これは1970年代に米国防省により開発されたARPANETに端を発している。軍用であるから、いつ敵に攻撃されるかも知れない。このとき、ネットワークの1部の破壊で、全体がシステムダウンに陥っては困る。又戦況の進展によっては、ネットワークの変更(拡張, 縮小, 移動等)の必要が随時出てくる。従って集中制御は殆ど不可能であり、自律分散制御方

式を採らざるを得ない。このために、システム全体に責任を持つ管理者、運営者、所有者が存在しないという、従来にない特質が付加される。

以上により本来、ネットワークの変更がやり易いシステムであることから、インターネットが全世界に急速に広まるに至った。他方、システムの統治者がいないために、良くも悪くも規制の難しいシステムとなっている。ここでは、インターネットのシステム構成の中で、自律分散制御の特質が顕著に現れている、以下の2つを採り上げる。

(1) ルーティング

インターネットのルーティングを図3により示す。PC(コンピュータ)・AがPC・Bと通信したいとする。IPアドレスは電話のときの電話番号に相当し、全世界の各PCに固有の数値が割り当てられている。いま、PC・BのIPアドレスを宛先アドレスとして、PC・Aから接続動作が開始される。PC・Aの接続要求がルータ1に達すると、ルータ1はテーブルr1を見て、PC・Bの方向に行くためには、ルータ2に行けばよいことが分かる。ここで、各ルータは自分に隣接するルータ又はPCの存在しか分からない。従って順次ルータを辿り、ルータnに至って初めて、

PC・Bの存在が分かり接続が完了する。

一方システムの変更は絶えず発生するので、各ルータは隣接するルータまたはPCとの間で、必要とする情報を随時交換して、自分のテーブルを最新のものに更新しておく必要がある。ここで、ルータやPCがエージェントであり、

結合アルゴリズム：「ルータは、自分に隣接するエージェントと随時通信をして、テーブルのルーティングデータを更新しておき、これにより、隣接するエージェントまで接続を延ばす。」

となる。

(2) ドメイン名の変換

前述のPCのアドレスであるIPアドレスは、電話番号同様の数値の羅列であるが、より長く複雑であり人間には憶え難い。そこで、これを @po.ac.jp のようなニーモニック・コード即ちドメイン名に対応させ、マシンはIPアドレスを、人間はドメイン名を用いることとしている。従って、人間からマシンに入るとき、又はマシンから人間に出るときに、両者の間の変換が必要となる。

インターネットにおけるドメイン名とIPアドレスの変換を図4により示す。ここで、各ルータは自分に属するPCに関する変換

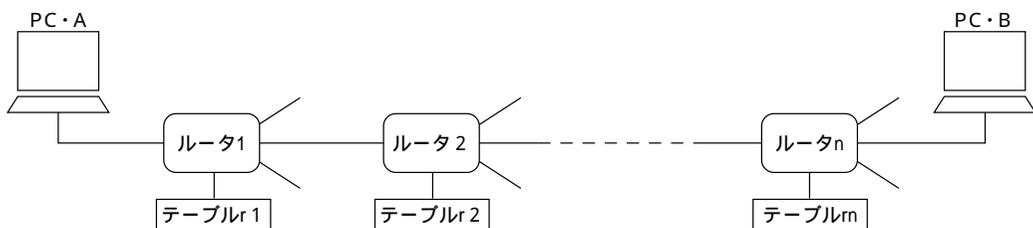


図3 インターネットのルーティング

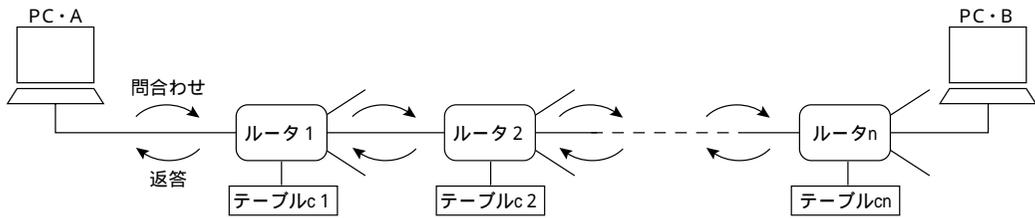


図4 ドメイン名とIPアドレスの変換

テーブルしか持っていない。PC・Aの問合わせに対し、PC・Bがルータ1に属していれば、テーブルc1により変換は終了し、変換情報を返答として送り返す。これに属していなければ、問合わせをルータ2に仲介する。PC・Bを発見するまで、順次これを繰り返し、発見できれば、ルータを逆方向に辿って変換情報を送り返す。テーブルを最新の状態に更新しておくことは、ルーティングのときと同様である。従って、

結合アルゴリズム：「ルータは宛先コンピュータが自分に属しているときには、変換情報を問合わせ元に返送する。そうでないときには、問合わせ情報を次のルータに仲介する。」

となる。(1)および(2)項の全体について、
 基盤設定条件：IT革命の波に乗ってネットワークの拡張と高速化は、今後一層進められることとなる。但し、従来の社会慣習や法整備がこれに伴わず、規制緩和が遅れると、ITの潜在能力を十分発揮出来ない恐れが出てくる。
 創発性：比較的単純な結合アルゴリズムで、巨大なネットワークを制御できることは、まさに自律分散制御の大きな利点である。一方、悪意通信の排除のような規制の問題は、本来苦手とする所であるが、ここにこそ更なる創発性

が求められることになる。

3.3 自律経済システム

経済システムは大きく分けて、社会主義による計画経済と自由主義による自律経済の2つになる。計画経済では多量の情報の交換が必要であるが、現在のように複雑な社会ではこれは極めて困難であり、生産と消費のバランスを適切に決めることができなくなる。これは共産主義的経済運営の破綻により実証済みである。

ここで、エイジェントは個人を起点として家庭、私企業、官公庁機関、国家等へと順次結合を拡大し、より上位の活動単位即ちエイジェントを構成することができる。代表的な例として自立経済では、個々の顧客や業者等のエイジェント間において、

結合アルゴリズム：「より安く、より高性能な商品をより早く求める。」という1つの原理の下に、生産と消費のバランスが適切に定まり、市場が形成される。ここで、商品はハードウェア、ソフトウェア、サービスなどの広義の被生産物である。

但し、現在は環境問題即ち資源・エネルギーの枯渇と廃棄場所の枯渇という、2つの大きな問題を抱えており、これに対処するために、新しい条件の付加が必要

となる。従って、上述の₁を進化させ、₂結合アルゴリズム:「より安く、より高性能な且つ環境負荷のより小さい商品を、より早く求める。」としなければならない。これを市場メカニズムで誘導可能とするにしくはないが、各人が地球号運命共同体の一員としての認識を強く持つようになれば、自律経済システムは一層円滑に機能することになる。

基盤設定条件: 悪貨が良貨を駆逐するようなことがあっては困るので、公正な競争を保証する環境整備、即ちエージェント間における機会均等、情報公開による透明性の確保等が必須となる。なお、上記の₁から₂へのような適応は、基盤設定条件の重要な役割である。

創発性: 比較的低コストで、現在時点における生産と消費のバランスを、効率的に行い得る点は十分評価される。しかし、時間軸に係わる後代を含めた公平性は、十分には考慮され難い。今後に残された重要な課題と思う。

3.4 その他

人間社会の場合、前述のように、エージェントは個人を起点として、家庭、私企業、官公庁機関、国家等へと順次結合・拡大され、全体が階層的に構成される。ここで、個人を個人エージェントと呼び、拡大されたエージェントは、何らかの意味で公共性を持つので、公共エージェントと呼ぶことにする。これらのエージェント間に種々の組み合わせが存在し、相互関係が非常に複雑である。ここでは、重要と思われる次のトピックスを採り上げてみる。

(1) 政治と複雑適応系

現代のように情報量が多く複雑化された社会では、経済と同様に政治においても完全集中制御はあり得ず、自律分散制御に移行するのが自然の流れである。即ち、個人エージェントが中心となる民主主義を更に充実すること、財政を含め地方分権を徹底し地方エージェントが自己責任により自律的に行動することが必要であり、その基盤設定条件の整備が急がれている。

(2) エージェントのチェック機構

各エージェントは他の多くの中で生きる活動単位であるから、個体としての発展を願うとともに、全体に対する貢献も求められる。このために、自己を反省し、健全性を確保するためのチェック機構が必要となる。これには、自分で自分をチェックする自己チェック方式と、外部の力を借りる外部チェック方式がある。このためのノウハウは既に多くの古典に示されている。

- 例えば自己チェック方式のために、
- ・「己の欲せざる所を人に施すなかれ(論語)」
 - ・「人にせられんと思う事を人に行え(新約)」

がある。これは、個人エージェント間の結合アルゴリズムに相当する。実行は大変難しいが、理想としては申し分がない。最近の青少年の凶悪犯罪で、この心の片鱗も伺えないのは、我々大人達の責任でもある。

ここで環境問題を考えると、対人間を対万物に拡張し、時間軸の公平性を考えると、対現代を対後代にまで拡張する必要がある。

- 一方、外部チェック方式のために、
- ・「天知る 地知る 人知る(中国古典他)」
- がある。これは、公共エージェントにおけ

る現代版情報公開を意味する。即ち、自らを外部の目に晒すことによって、自分の自律心を高めるとともに、自己の欠点を外部から指摘して貰うことである。これは、公共エージェントと個人エージェント間の結合アルゴリズムに相当する。

最近、公共エージェントに不祥事が他発している。情報公開が急がれる所以である。一時的な恥や外聞を我慢すれば、情報公開による外部チェック方式が、最もコストパフォーマンスがよいと考えられる。

4. おわりに

(1) 蟻が優れた搬送システムを構築しているように、動植物の場合に、創発性が顕著に現れることがある。この点で、動植物に

学ぶ所が多々あり、その一環として、小型ロボット群等への応用研究が進められている³⁾。これらにより、複雑適応系システムの理論分析の一層の進展が期待される。

(2) 複雑適応系では、各エージェントを束ねる統治者が不要であることを述べたが、これは具体的な細部行動についてのことである。人間が直接係わるシステムでは、人間が精神的動物であることから、動機の方付け、士気の昂揚等のための指導者は有用である。又基盤設定条件に対する指導者の大局的先見性は極めて重要であり、その適否は作られるシステムの創発性に大きく影響してくる。このような意味での指導者は、本論文の統治者とは全く異なることに注意する必要がある。

参考文献

- 1) ジェレミー・リフキン著、竹内均訳 1990、「エントロピーの法則」祥伝社。
- 2) 山岡亮平 1995、「蟻はなぜ一列に歩くか」大修館書店。
- 3) 太田順、横川洋一、新井民夫 1996、「複数自律ロボット系における漸進的戦略形成に関する研究」日本ロボット学会誌、14、3、pp. 379-385。
- 4) 武田 暁 1997、「形の科学」裳華房。
- 5) 楠 菊信 1998、「環境問題と複雑適応系」学際研究 11 巻 2 号(7 月)。
- 6) 楠 菊信 1998、「環境問題と科学技術—複雑適応系の視点から—」学際研究別冊 11 巻 3 号(11 月)。
- 7) 楠 菊信 1999、「情報通信システムと社会システムのアナロジー」学際研究 11 巻 4 号(1 月)。
- 8) 伊藤宏司編著 2000、「知の創発」NTT 出版。

補遺：複雑適応系時代における教育問題

はじめに

我々の思想及び社会環境は、昭和20年8月15日の終戦を境として一変した。以下では、この日の前を戦前、後を戦後と呼ぶことにする。戦後初期の大学生活は終戦後間もない時期であり、物の不足からくる不安

定な時代であった。一方、半世紀を経て物も知識も大量に生産され自由が溢れる現代は、その扱いに戸惑う別の不安定な時代となっている。即ち、今の学生はこれらの過剰の渦巻く複雑適応系の中に生きているのであり、その過剰を整理し、軽重を決め、自分に最適なものを選択していくことが極めて重要となる。

1. モラル(徳育)

日本人は元来、宗教的な強烈なモラルを持たず、八百万の神に象徴されるマイルドな汎神的宗教観に基づいていた。戦前の小・中学校時代には、戦前後期の混乱期を除き、上記の宗教観に加えて、修身、漢文等に出てくる内外の古典の名句、偉人の逸話などにより、モラルのバックボーンが漠然と形成されたように思う。しかし昭和20年の終戦を機に、中身を問わずに全てを無造作に投げ捨ててしまった。戦後の大学では教養課程を通して、この面の教育の在り方が種々試みられたが、軍国主義時代の傷痕に災いされて、よい形に収斂できなかったように思う。

本来モラルとは、当該グループの永存を図るために、各個人と他(人、動植物、社会、国家等)との間で守るべき思想・行動の規範を示すものである。戦前の教育を受けた年代には、玉石混交の教育の玉の効果として、この規範の意識が雰囲気として残っているが、若い世代は全く白紙の状態からのスタートである。主要諸外国の若者との最近の比較調査によれば、上記の規範に対する日本の青少年の意識が、突出して低いことが示されている。余り有効な手を打てなかったのは、大人の責任と言うべきであるが、自分達も自信が持てなかったのだから、やむを得ないことである。

一方、環境問題が年々深刻さを増してきている。この問題を分析すると次の3つの理念となる。

生物循環系の確保

動物は酸素を吸い炭酸ガスを吐き出し、植物はその逆を行い相互に補完し合う。動植物の排泄物や死骸は分解され、他の栄養

となって生かされ、全体として循環する。即ち、万物に互惠が成立し、「世界は万物共生によって成り立つ」のである。この万物は地球上の全てを含み、欧米の人権主義より広い概念である。

物質循環系の確保

製品への高付加価値化は必然的にごみを発生する。従来ほとんど無視されてきた、製品の流れの静脈系を強化し、技術的にごみを最少化すること、無駄な物を作らない又作った物は大事に使うことである。即ち、「物を大切に作る心」が基本である。

地球的視野の確保

地球の汚染、資源の浪費、人口問題等が、極めて深刻化してきている。特に人口問題については、人間が天敵を亡ぼすという他の動植物とは異なる道を選びながら、個体数調節の処置を採れないという大きな矛盾を抱えている。これらは何れも地球レベルでしか解決し得ない課題であり、「子孫を含む世界一家観により、初めて子孫に美田を残し得る」ということになる。

これらの3つの理念は、伝統的宗教が直観により唱えてきた所であり、今や環境問題が別の角度から、同様の理念を我々に迫ってきているということができる。柔軟でマイルドな宗教観乃至は宗教的真空状態にある我々日本人には、極めて素直に受け入れられる理念ではなかるうか。

2. 科学技術の発展(知育)

近年の科学技術の研究は限りなく細分化されていく。このような知的活動の流れは、ほとんど人間の本能に近く、止まる所を知らないということができる。この結果、新たに社会に加わる新人にとって、基本学習

域が年々拡大するとともに、当然のことながらその分だけ、全体像把握の余力が失われることになる。人間が小粒になったとよくいわれるが、このような時代背景も見逃せない。

日夜の努力によって開発された知識は、世界の資産として蓄積され、年々増加の一途を辿っている。例えば、教育に用いられる知識が現在、既に山の五合目にまで溜まっているとする。一方生まれた新人は常に零合目からスタートするから、このギャップは時間とともに開く一方となる。五合目までは既存の学問の復習であり、その後独創性などの係わる真に興味のある本番が始まる。ここに達する前に疲れたり嫌になったりしては、元も子もなくなってしまふ。学級崩壊、不登校、私語等の問題も、これに関連しているように思う。

当該学級レベルに必要な知識は何かを常にチェックし精選して提供する必要がある。実際はこれに、学生の質のばらつきが重なり、なかなか難しいものと感じている。学生の私語については、以上の点から、学生側にもそれなりの言い分があると思うが、悪貨が良貨を駆逐しては困るので、私語は教室外でやって貰うようにしている。“他人に迷惑をかけるな”という最低限のモラルの認識の機会でもある。

3. 食餌と運動（体育）

我々が他のもの（人、生物、事物）と接するとき、五感即ち聴、視、嗅、味、触の5つの器官を通して情報が入り、知、情、意のメンタル系の活動及び生体維持のためのフィジカル系の活動が開始される。この時、これらの間の調和を十分に図らないと、体

調や生体リズムを狂わせてしまふ。

終戦前後の学生時代には食べ物が少なく、空腹感が常にあった。当時の食事は、今からみれば甚だ粗食であったが、“空腹は最良の調味料”の通り、如何に美味しく食べ得たことか。そして結果として粗食の割には、結構皆澁刺としていて、健康維持にそれ程支障があったとも思われない。

現代は、食べ物の溢れる時代である。我々の味覚は麻痺し易く、美味の感覚だけを追求していくと、より強い刺激を求めてエンドレスとなり、生理上の必要条件と益々乖離してしまふ。このような意味から、グルメ文化には疑問を持っている。

これまで成人病といえ、40歳以上の成人のかかる高血圧、癌、心臓病、糖尿病等を指したが、今は罹病が低年齢化してしまったので、生活習慣病と改名された。即ち、豊富な食餌の嗜好的な摂取や、不規則な生活態度に依存するものとされたのである。

喫煙については“百害あって一利なし”が医学上の定説である。大人もさることながら、発育途上の青少年の喫煙、特に女子学生の喫煙がもたらす将来の損失については、計り知れないものがある。自由であればある程、自己責任による正しい選択が義務付けられる。そうでないと、自由が却って仇となってしまう。

おわりに

我々日本人はとかく、物事を1つの物差して評価し、1つのパターンで括ってしまいがちである。しかし、これだけ多様化した学生に対し、これは到底無理であり、教育の場でも custom-made が求められることになる。即ち教育の各段階において、で

できるだけ多くのオプションを設け、学生の選択の幅を広げておくことが重要と思われる。このために当然コスト増を伴うが、今

後一層進展する IT(情報技術)利用の工夫によっては、コスト・パフォーマンスの大幅な改善が期待される。