1M1545

老化の原理

○末松 和実 (河医研、老化)

理論：社会の構成員が老化によってのみ消滅する理想社会を考える。このとき、老化度 A と生存確率 P との間に次の関係式が成立する (Suematsu, 1995)。

$$A = -k \log P \quad (A)$$

これから、次の関係式が導ける。

$$\bar{A} = k(\text{constant}) \quad (B)$$

$$\bar{T} \cdot \bar{V}_A = k(\text{constant}) \quad (C)$$

(i) 生涯を通じての全老化度は一定である。(ii) 寿命と老化進行速度の積は一定である。上記の言明は次のように言い換える事ができる。寿命の延長は、唯一老化の進行を遅くすることによってのみ可能である。

観測との比較 1：1700 年代より哺乳類の基礎代謝量 (BMR) が綿密に測定されている。縦軸に平均寿命をとりプロットした結果を図に示した。(C) 式で予言される Hyperbola の関係が良く再現されている。この結果は、哺乳類の老化度が基礎代謝量と密接に関連していること、および、生涯の全代謝量が保存される可能性を示唆する。

観測との比較 2：人の男女の BMR が測定されており、それぞれ、 $\cong 98 \text{ Joule/Kg} \cdot \text{day}$ 、 $\cong 92 \text{ Joule/Kg} \cdot \text{day}$ 、である。生涯代謝量 ($/\text{Kg}$) が保存量であるとする、(C) より男性と女性の相対平均寿命は、 $\cong 0.94$ と予想される。これは観測値、 0.92 (アメリカ、日本) に極めて近い。**観測との比較 3：**樹木や、ある種の魚類のように、殆ど加齢の徴候を示さない種が知られており、それらは極めて長寿である。また HeLa Cell に代表される癌細胞は、体細胞に見られるような加齢を示さず、(観測の範囲内で) 無限の分裂寿命を有する。これらの観測は、理論式 (C) の予言と首尾一貫する。

1. Suematsu, K., J. Theoretical Biology, **201**, 231, 1999.

K.Suematsu : Principles of Aging

Fig. Relation of Life Span to Metabolism

1M1615

Gray-Scott model の拡張による細胞分化の構成

○高木 拓明、金子 邦彦 (東大・院総合文化)

金子、四方、古澤による細胞分化のシナリオでは、stem cell の出現、細胞分化のルールの生成、その安定性と不可逆性といった現実の生物にも見られる現象が、適当な仮定の上での普遍的な性質として、一貫して導かれている。ただ従来のモデル化では、自己複製する細胞の存在は前提としてきた。ここでは、その過程まで含めたモデル化を行いたい。そこで、自己複製スポットを形成出来る反応拡散モデルとして知られる Gray-Scott モデルを、細胞分化のシナリオの仮定と対応する様な多成分の化学反応ネットワークへ拡張し、スポットを原始細胞とみなして、複製しつつ分化してゆく細胞系を構築するという事を目指した。

1 次元系でのシミュレーションの結果、反応ネットワークの性質によって、以下の様にダイナミクスが分類された。

分化しないもの: 固定点、振動、カオス

分化するもの: タイプ 1, タイプ 2

ここでタイプ 1 は、パターンが内側と外側という形で分化するものを指し、タイプ 2 は、パターンの内部に部分的に多様なダイナミクスを維持するスポット (stem cell 的スポット) が幾つも残るものを指す。そして以上の分化タイプについて相図を作成し、ある程度のパラメータ領域で以上の現象が見られる事、そして 2 次元系でも同様の現象が見られる事も確認した。

以上の点から、自分自身の状態の時間発展の履歴を引き摺ってパターン形成する、金子らの細胞分化のシナリオと今回の結果の共通項を考察する。

H.Takagi, K.Kaneko : Construction of spot differentiation by high dimensional type of Gray-Scott model

1M1600

少数の分子からなる反応ネットワーク

○富樫 祐一、金子 邦彦 (東大・総合文化)

生体反応には、分子数の非常に少ない成分が関与することがある。化学成分の量が非常に少なく、分子数という離散量でとらえられるような場合に、それを連続濃度で扱った場合とどのような違いが生ずるかという問題は、以前から考えられている。そこでは、分子数が有限・離散的である場合の挙動は、分子数 $\rightarrow \infty$ での挙動にゆらぎが加わったものとしてとらえられることが多い。

本研究では、分子数が離散的であるということによって生ずる、異なるゆらぎとは異なる現象を、シミュレーションにより考察する。

モデルとして、いくつかの化学反応を組み合わせた簡単な反応ネットワークを用いる。ここでは、最も単純な例として、 $X_1 + X_2 \rightarrow X_2 + X_2$, $X_2 + X_3 \rightarrow X_3 + X_3$, ..., $X_n + X_1 \rightarrow X_1 + X_1$ のような自己触媒的な反応のループを考える。

各化学成分 X_i の量を連続量としてとらえた場合には、各成分の量は振動し続けるが、非 0 から 0 に落ちることはない。

しかし、化学成分の量を分子数でとらえ、各反応が確率的に起こるものとして考えた場合、いずれかの成分 X_i の分子数が 0 となる可能性がある。すると、その化学成分を生成する反応は完全に停止してしまい、0 の状態にとどまり続けてしまう。これは、化学成分の量を連続と考えた場合には起こらない挙動である。

この系に対し、外部から一定の割合で (確率的に) 分子が流入し、また系内の分子が外部に流出するようにして、シミュレーションを行なった。分子の流入頻度の小さな条件のもとでは、分子数が多い成分と少ない成分とに分かれ、少ない方の成分を利用した確率的なスイッチ状の挙動がみられた。

Y. Togashi, K. Kaneko : Reaction-network consists of small number of molecules.

1M1630

自己増殖系による分子プログラミング

○吉田 寛¹、陶山 明² (¹ 東大・理学系・物理、² 東大・総合文化・生命環境)

分子に望む性質を与えるには、どうしたらよいのか考えてみる。この漠とした問いに答えるため、我々は構築した分子が満たすべき条件を次のように設定した。1) 非常に大きな揺動に対して安定でなければならない。2) ある時間安定に存在しなければならない。3) 計算論でいう万能性をもっていなければならない。我々は、1), 2) の条件を満たすべく、自己増殖系を考えた。自己増殖系は、ある条件下において Maxwell の daemon として働くことができ、さらに、自己修復という性質をあわせもつ。現在、この自己増殖系を L System 及び膜系を用いて、その安定性と計算能力を研究中である。

一例を述べると、ある形が自己増殖系によって達成されたとすると、それは部分構造の増殖によって、時間経過とともに大きくなってゆくが、その変化においても形が不変であるためには、例えば自己相似的な構造を想定すればよい。自己相似的な構造体は、その定義によって、周辺からの破壊を受けてもある時間が経過すれば、元の構造体が出現するという性質をもつ。自己相似的な構造体は肺胞、血管網など生物の器官にもみられるものであり、この研究は器官の成り立ちに対する新しい知見を与える可能性がある。学会では、これらの理論的研究とできれば、3) に関することを報告しようと考えている。

(<http://uo.c.u-tokyo.ac.jp/~yoshida/>)

H.Yoshida and A.Suyama : Molecular programming by self-reproducing system