

が小さいほど周期的挙動が現れやすい、という点も実験と理論で一致している。

参考文献

- 1) Funakoshi & Inoue : Phys. Lett. **A121** (1987) 229, J. Fluid Mech.
(to appear)
- 2) Miles : J. Fluid Mech. **149** (1984) 15.

14. 真性粘菌における情報の階層性とその統合様式

東京大学薬学部 矢野雅文

〔はじめに〕

真性粘菌変形体は多核単細胞であるので、高等生物に見られるような情報を処理するために特に分化した脳・神経系等を所有していない。それにも関わらず極めて複雑な環境下においても個体として協調的な行動をすることが出来る。例えば餌などの誘引物質に対しては個体全体がその物質の方向に近づいて行くし、忌避物質を与えるとそれから逃げようとする。このように粘菌変形体が行動を起こすためには判断を必要とするが、そのためには、外界から入ってくる情報の価値付けが出来なくてはならない。そこでこの情報処理のメカニズムを調べてみた。

〔粘菌変形体について〕

真性粘菌変形体はカビの一種で変形体はその生活環の中で孢子から発芽したアメーバが融合し、巨大なアメーバ状多核単細胞体となった状態である。変形体は図1に示すように裸の原形質が複雑なネットワーク構造を形成しファンを構成し

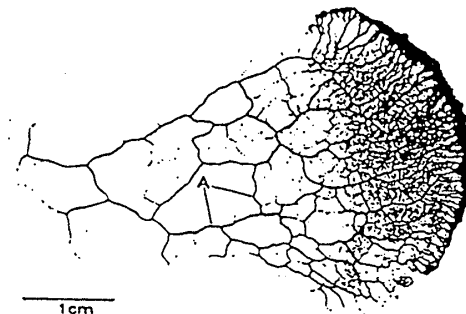


図1 Stiemelig (1970) による
粘菌変形体

ており、ほぼ全体が同じ物質から出来ているような比較的簡単な生物である。構造が比較的簡単なことから生物の行動決定がどの様になされているのかを調べるにはよいモデルであるといえる。つまり生物に最も簡単な情報処理様式がそこにみられることが期待できる。

〔行動における特徴〕

この生物は自然界においてはその面積が数 cm^2 から数 m^2 にも及ぶ場合があり、実際の自然においては個体の場所々々で異なるような極めて複雑な環境に身をさらすことになる。それにも関わらず、一個の個体として生息することから全体として情報を交換しながら、協調的に生きていることになる。この情報処理に対しては粘菌変形体の持つ振動現象が重要な役割をしていることが示唆されている。粘菌変形体は細かく切断しても各部分はこの振動現象を示すので多数の振動子から構成されていると考えられる。その振動は呼吸系由来の振動であるという報告がある。これらの振動子は外界が好ましいときは振動数が上昇し、好ましくないときは減少することが分かっている。そして粘菌の内部に好ましい刺激部位の位相が進むような一定の位相関係が生じることも報告されている。これらのことは粘菌の持つリズムが情報処理において重要な役割を果たしていることを示唆している。

〔変形体の内部構造〕

変形体ネットワークを構成する一次元のひも状原形体を変形体系と呼ぶ。変形体系は外質(ectoplasm : ゲル)と内質(endoplasm : ゼル)の原形質からなるチューブ状の形態をしている。外質の収縮弛緩により内質は往復流動をしていて、その周期は2分程度、流動の最大速度は1mm/秒程度である。空間的な同調にはこの原形質流動が必要条件であることが明らかにされている。従って、この構造上の分化は個体全体の同調という機能に対しても分化していることを示唆している。ここではこのリズムのダイナミクスを調べ情報処理過程におけるその役割について報告する。

〔実験系〕

顕微鏡下で変形体系をセットし、顕微鏡用テレビカメラでモニターに写しそのモニター画面上にホトトランジスタを接着し透過光の強度変化を記録した。代表的測定例を図2 a, bに示す。外質(EC)、内質(EN)間の位相差は両者の

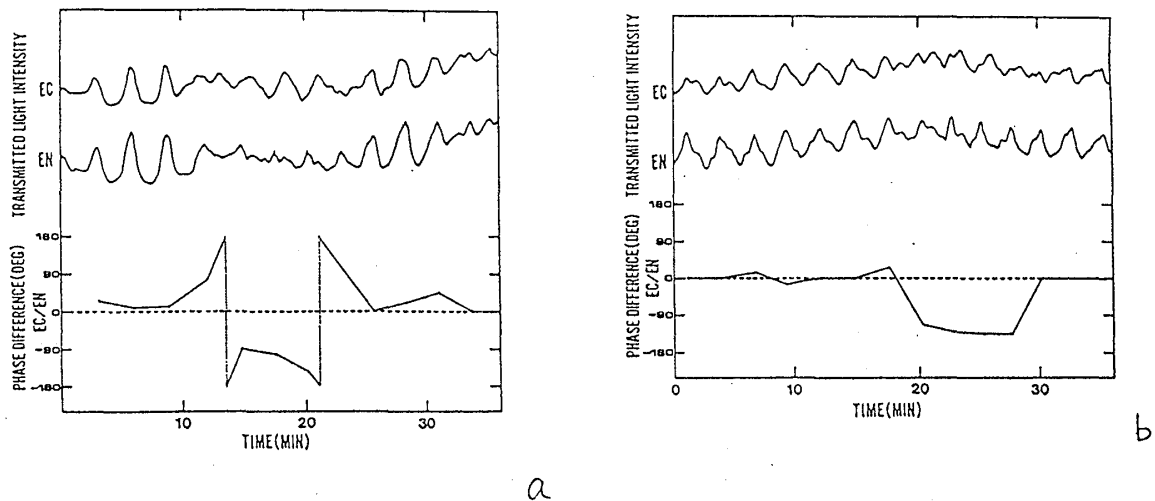


図2 刺激を与えない時の変形体系の振動

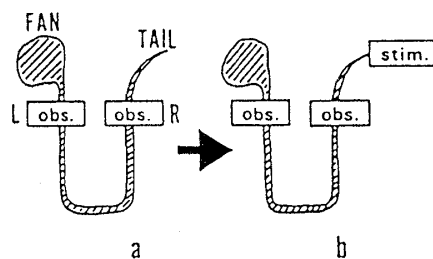


図3 2点におけるリズムの測定

相互に近いピーク間における時間差を周期で割ることで求めた。さらに外部から刺激を与えたときに変形体の行動とリズムがどの様に変化するかを測定した。そのためには図3に示すように変形体をセットした。数時間寒天上に放置すると一方向にファンを形成しそちらの方へ移動を開始する。この時図に表すように尾部に $10^{-2}M$ のグルコース入り寒天を与えて、2点間のリズムを測定する。

〔結果〕

グルコース（誘引物質）とKC1（忌避物質）ではリズムの空間伝達性が異なる。グルコースでは刺激部位の振動数が上昇し、その上昇した振動は空間を伝パンされ、長距離離れた場所でも変化が観測されるのに対し、KC1では刺激部位の振動数は減少するのに対して刺激部位からはなれた場所ではその振動の変化は伝パンされない。リズムの空間伝パンには非対称性が存在することが明らかになった。そこではなれた2点間におけるリズムの伝パンの様子をグルコースを使っ

て測定したのが図4である。flowは原形質流動を表し、Rは右、Lは左である。REC, REN, 右側の外質及び内質の振動を表し、LEC, LENはそれぞれ左側の外質、内質の振動を表す。この解析結果を図5に示す。net flowは粘菌変形体の行動量を表し、刺激を与えた後約40分は行動を停止し、その後動き始める。各リズムは平均周期が刺激前はほぼ同じであるが、行動を停止しているときは刺激側の外質、内質及び非刺激側の内質がそれぞれ周期を減少し、一致している。非刺激側の外質は刺激前の周期と同じである。その後行動の方向が反転するが、その時は全ての周期が一致して振動する。位相差は刺激前及び行動反転後は内質中の位相はほぼ揃っているが、行動停止相ではゆらぎが見られるものの刺激部位が位相が進んでいるのが見られる。即ち外部からのグルコースの刺激は外質の周期を減少させ、それが内質を介して空間的に伝達される。内質振動子系はリズムに関して巨視的な秩序状態を作り出し、この秩序が各外質に伝達される。行動反転に先立ってリズムの変化が起きることから、リズムは変形体における行動決定の情報を担っていることが予想される。機能的には外質の振動は部分的情報を、内質の振動は全体的情報を担っていると思われる。即ち粘菌変形体は情報的には二つの階層があり、階層的な情報処理を行うことにより、全体的に調和のある行動が取れるように情報が統合されているものと思われる。

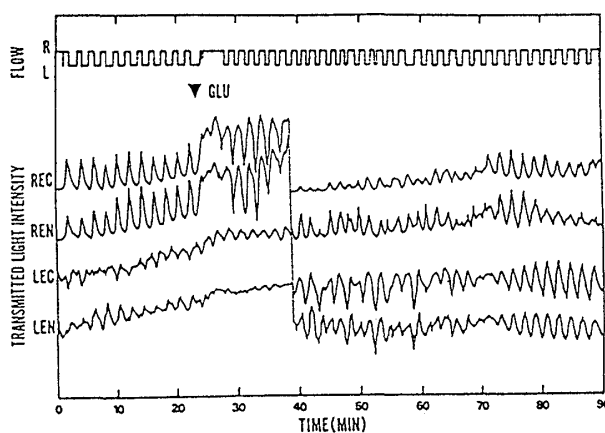


図4 グルコースを与えた時の2点間の振動の関係

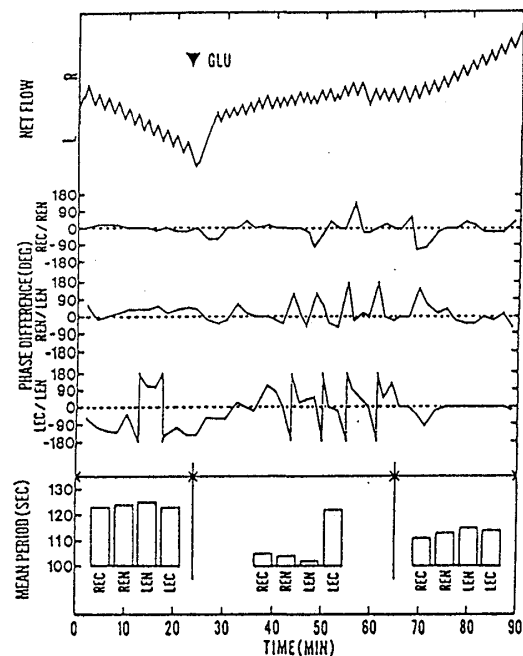


図5 図4の解析結果