3PD009

マイクロ構造物による生きた結合振動子系の構築
—粘菌振動子系における時間遅れ効果—
○高松敦子*、藤井輝夫*†、遠藤勲*
(*理化学研究所, †東大生研)

真性粘菌変形体は、カビの一種で、巨大なアメーバ様の多核単細胞生物であり、2つに切り分けたり、融合させたりすることが容易にできる。このように粘菌は単純な構造をしており神経系も持たないが、餌に集合したり、有害物質から逃避したりという、高度な生物機能を実現する。一方、粘菌の細胞内 Ca^{2+} やATP濃度、原形質流動の流速、変形体厚みなどにおいて、周期的変動が見られる。この振動現象は、 Ca^{2+} やATP、アクチン、細胞内器官などによる複雑な機械的・生化学的反応によって生じると考えられており、一種の非線形振動現象である。従って、粘菌細胞全体を複数の非線形振動子が結合した系とみなすことができる。非線形ダイナミクスの観点から、結合強度を人工的に制御した条件下で結合振動子系の挙動を調べることで、さまざまな知見が得られることが期待される。本研究ではマイクロ構造物で粘菌をパターンニングすることで、生きた結合振動子系を構築した。図は2つの粘菌振動子を結合した例である。粘菌を2つの振動子部に置き10数時間培養すると、結合部のマイクロチャネル構造に沿って粘菌が成長し、ここにチューブ構造が自発的に形成される。チューブ構造の内部では、原形質流動が観察されるが、粘菌振動子間には原形質流動によって結合されていると考えられる。従って、マイクロチャネルの長さ(L)と幅(W)に応じて粘菌のチューブ構造を自在にパターンニングする事で、粘菌振動子間の結合を任意に制御することができるだろう。我々は、マイクロチャネルの長さとして、2つの粘菌振動子間に見られる厚み振動現象を観察した。その結果、チャネル幅に応じて、反対位振動型の非同期/同期相転移現象が見られた。また、チャネル長を大きくしていくと、同位相型の同期現象が見られた。これは、振動子間の距離が大きくなると、原形質流動による伝達時間も大きくなり、結合の時間遅れ効果が無視できなくなってくるために起こると思われる。この現象について現在、時間遅れを考慮した位相結合型のモデルを用いて解析中である。

A. Takamatsu, T. Fujii, I. Endo: Construction of a living coupled oscillators system for *Physarum plasmodium* in microfabricated structure.

3PD011

反応拡散系と非平衡の熱力学 X I V - その 1 1 -
大藪 卓: 京大・理

THERMODYNAMICAL RELATIONS

dS=dIS+deS:TdS=TdiS+TdES=dE:G=E+p
V-TS,dG=0.G= $\sum \mu_i n_i$: $\mu_i = \mu_i(t,x)$
ni=ni(t,x):Ji= $\sum$ LijXj:TdiS/dt
= $\sum$ JkXk>=0:Lij=Lji:J=-DUX:Ut=D
 ΔU :mdv/dt= $-v+F(t)$:D=kT6 $\pi\eta$ r.:
Ut=-div J.Uit=-div Ji+ $\sum \rho_j w_j$
P= $\sum$ Sdv $\sum$ JkXk:TdiS/dt= $\sum$ Jk(d)Xk^(d)
TdeS/dt= $\sum$ Jk(e)Xk^(e):dH= $\sum$ dt $\leq$ Jk^(d)Xk^(d)+
Xk^(d)+ $\sum$ dt $\leq$ Jk^(e)Xk^(e):Uit=Dii Δ Ui+fi(U). Ut=D Δ U+f(U):S=Sv(n1,n2,
n3,-----,nN).: $\partial S/\partial t=\partial Sv/\partial nj$
 $\partial nj/\partial t:\partial Sv/\partial nj=-1/T$ μ_j :H=- $\sum$ ni μ_i :H=- $\sum$ Sdv $\sum \mu_j nj$:dH/dt= $\sum$ JkXk-kTd/dt($\sum nj$):dH/dt= $\sum$ Sdv
JkXk-kTd/dt($\sum nj$) $\sum$ dv $\sum nj$: δ -H=- $\sum$ $\delta \mu_j \delta nj$: δ -H=- $\sum$ Sdv $\sum \delta \mu_j \delta nj$:d/dt(δ -H)= $\sum$ Jk $\delta Xk-kTd/dt(\sum \delta nj)$:
1/dt(δ -H)= $\sum$ Sdv $\sum$ Jk $\delta Xk-kTd/dt(\sum \delta nj)$:
 $\sum \delta nj$). $\delta xP=\sum$ Sdv $\sum \delta Jk \delta Xk$: $\delta xP>$ 0: $\delta xP<$ 0:dP/dt=<0:TdiS/dt= $\sum$ JkXk>=0:Td²iS/dt²=<0:.dS=0:dH=0:H=H(P,Q).dH/dt=0==dP/dt= $\partial H/\partial Q$:dQ/dt=- $\partial H/\partial P$.
Uit====>0:as t--> ∞ :ATTRACTOR:
TdS=0:TdiS=0:TdeS=0:TdS=/=0:TdiS=/=0:TdeS=/=0:d/dt(1/2 δ^2 S)=d/dt(δ -H). $\mu_i=E_i+kT\log(n_i)$.Uit=-div Ji.H-STRUCTURES. $\partial S/\partial t=\partial iS/\partial t+\partial eS/\partial t=-\sum dEjs.n+\sum dvos$
Uit=Dii Δ Ui+fi(U):Uit=0:Dii Δ Ui+fi(U)=0.非平衡・開放系。物理の変分原理はすべて閉鎖系。
DIFF(M)==>(R) ∞ (M)==>DIFF(C ∞ (M))
DIFF(M)==>(R)==>DIFF(R)。私のDIFF(M)-SCIENCE。これらによって、THEORY OF H-THEOREMSは、私のDIFF(M)-SCIENCEの一部となる。
数学、物理、化学、生物学、思想、哲学。==科学の新しい分野。

3PD010

真正粘菌変形体における信号の生成と消滅

○野村収作、郡司幸夫 (神戸大・自然)

真正粘菌 (Physarum) の変形体は外部環境に対し柔軟な走性を示す。変形体の走性に対するモデルとして、従来、非線型振動子のカップリングモデルが採用されてきた。多核性アメーバーである変形体を多数の振動子の結合系として扱い、また、その非線型性から引き込み他の現象が説明された。

この様なモデルは根本的に振動子自体の独立的存在が前提とされ、さらに局所的相互作用がいかんして全体性を実現するか、という点にのみ注目している。

これに対し、我々は全体を局所の集まりとして扱う観察者の態度に言及する。我々は、如何なる記述も観察者の主観的な決定を除くことが出来ないという立場から、逆に観察者を積極的に取込むことにより、記号の起源、創発的現象にアプローチする。我々はこの様な観点から、粘菌における全体と局所、或いは個々の振動子と相互作用の分離不能を実験的に構成し発表する予定である。

S.nomura, Y.P.Gunji : The generation and extinction of signals in the plasmodium of *Physarum Polycephalum*.

3PD012

光感受性BZ反応における引き込み双安定状態

○山本 哲也、*雨宮 隆、*大森 隆夫、*山口 智彦
(都立高専・電気工、*工技院・物質研)

心筋や細胞性粘菌などにおいて、細胞間で相互作用させることにより、各細胞の振動周期や位相がずれていても同調して振動する(引き込み)ことが知られている。非線形振動子の一つであるBZ反応においても、CSTR間を送液によって結合させた系において、送液流量に依存して同相、逆相の振動引き込みが見られ、かつ、引き込みと不安定状態の領域があることが報告されている¹⁾。我々は、このような引き込みと不安定状態がある第2高調波を含む周期外力によって実現されることをBZ反応のモデル方程式の数値計算によって示した²⁾。

そこで、実験的に第2高調波を含む周期外力の影響を調べるために、光感受性をもつRu(bpy)₃を触媒としたBZ反応系を用いた。光照射による系への効果は、インヒビター(Br⁻)およびアクティベータ(HBrO₂)の生成によるものであり、光強度に比例して加算的に影響すると考えられている³⁹⁾。実験で、NDフィルタを透過したレーザ光を反応液に照射し、NDフィルタをパソコンで制御することにより、光の強度を変化させた。また、引き込み双安定状態を調べるために、ある位相差で引き込みが安定した後、外力全体を時間シフトさせ、その後の引き込み位相差と比較した。

結果は、第2高調波を含まない場合は、時間シフトをする前後においてどちらも同じ位相差で引き込みが安定した。また、その過渡応答時の各位相差での位相差時間変化は、サイン波の振動を示した。次に、第2高調波を含む場合には、第2高調波の振幅、初期位相を適当な値にすることにより、時間シフトをした前後において、異なった位相差の状態で引き込みが安定した。当日は、数値計算の結果等もふまえ、双安定状態の起きる条件などを考察しながら報告する予定である。

- [1] M. Yoshimoto et al., *Physical Review E*, **47**, 2, 864-874 (1993)
[2] T. Yamamoto et. al., *Chem. Phys. Lett.*, in press, (1999)
[3] T. Amemiya et. al., *J. Phys. Chem. A*, **102**, 4537-4542 (1998)

T.Yamamoto,T.Amemiya,T.Oomori,T.Yamaguchi : Bistability in entrained state on the photosensitive Belousov-Zhabotinsky reaction