

興奮性媒体におけるパターン分割
西尾麻里、○山口智彦^{*}、雨宮隆^{*}、島田秋彦、中村以正、
橋本基^{**} (筑波大・応生、物質研^{*}、大島商船高専^{**})

動画計測処理法のひとつである時空間相関法は、画像の各画素での速度ベクトルを検出する有力な手段である¹⁾。この方法では、各画素での輝度の時間変化をもとに、異なる画素間の相関関数を計算し、相関関数の最大値及びその時の遅れ時間から最小自乗法で速度を算出する。

興奮性媒体において一般的にみられる渦巻パターンが多数存在しているとき、波と波がぶつかってできるカスプ状の箇所は他の部分よりも速度が速いので、速度の絶対値があるしきい値以上の値を持つ場所のみを抽出し、時間的に並べることによりカスプの軌跡を追うことができる。このようにして得られるカスプの軌跡が、ひとつの渦巻が支配する領域の「境界線」として定義する。この境界線で囲まれる多角形領域の安定な空間配置はポロノイ多角形分割になる。

本研究では興奮性媒体であるBelousov-Zhabotinsky (B-Z) 反応系に時空間相関法を適用し、系が渦巻パターンによって空間分割される過程を検討する。ただし速度は波が平面波であると仮定して計算したものである。結果の一例を図1に示す。

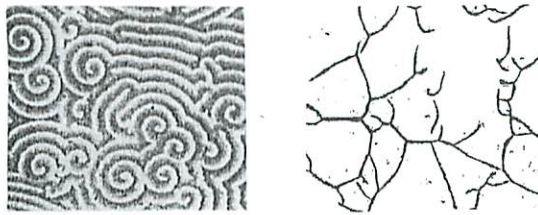


図1. B-Z反応系の原画像(左)と時空間相関法による多角形分割(右)

1) 古賀和利、三池秀敏: “動画の時空間相関に基づくオプティカルフローの解析”、電子情報通信学会論文誌(D-II), Vol. J72-D-II, No. 4, pp. 507-516 (1989-04).

M. Nishio, T. Yamaguchi, T. Amemiya, A. Shimada, I. Nakamura, H. Hashimoto: Polygonal patterns in excitable media.

Physarum polycephalum 由来
ホスホリパーゼDの精製と性質

○佐原敏之、上田哲男 (名大・人間情報)

【目的】

粘菌は、定まった感覚や運動の器官を持たない巨大なアメーバ細胞である。環境の受容とその判断といった知覚行動に伴って生体膜の構成成分であるリン脂質、なかでもホスファチジン酸(PA)濃度が大きく変動する。今回は、リン脂質のPAへの加水分解を触媒するホスホリパーゼD(PLD)を精製し、その性質を調べた。

【方法】

真性粘菌(*Physarum polycephalum*)の変形体から硫酸沈殿法により20-40%飽和分画を抽出し、陰イオン交換(DEAE-cellulose)、ゲル濾過(Sephadex G-200、G-75)クロマトグラフィーによりPLDを精製し、SDS-PAGEで単一なバンドを得た。リン脂質二分子膜をMontal-Mueller法により形成し、PAの増加に伴う膜透過性の変化をV-clamp法により測定した。

【結果】

- (1) PLDの分子量は、28 kDaであった。
- (2) PLDのKmは、ホスファチジルコリン(PC)、ホスファチジルエタノールアミンに対して、それぞれ0.15mM、0.19mMであった。
- (3) PC膜のコンダクタンスは、1mM Ca²⁺存在下でPA含量の増加とともに上昇した。PA含量が5%の膜でEGTAを添加すると低下した。

T. Sahara, T. Ueda:

Membrane action of phosphatidic acid via phospholipase D.

解糖系における時空間秩序の階層性

○真常隆広、中川善之^{*}、上田哲男 (名大・人間情報、教養^{*})

【目的】 細胞は、非平衡非線形状態にある代謝反応の豊かなダイナミクスを活用して情報判断を行っている。本研究は解糖系を用いて、パターンダイナミクスにおける階層性と細胞類似の刺激応答性を実現する。

【試料の調製】 酵母菌 *Saccharomyces cerevisiae* を培地(2%イーストイクトラクト+2%ポリペプトン+1%グルコース)で好氣的に30°Cで24時間培養した。細胞をcell mill(Vibrogen社製、Type V13, 600 W)で破砕し超遠心(50万g、30分)し、活性のある解糖系試料を得た。

【測定方法】 NADH濃度の時間・空間変動を、340 nmの吸光度変化でモニターした。浅い容器全体をビデオ接写し、画像処理後に録画・解析した。

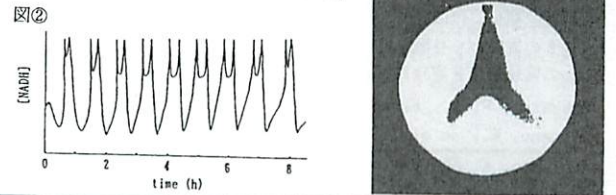
【結果】

① Trehalose (250 mM)添加直後は、大きさが数十μm程度のNADH濃度の高いドメインと低いドメインが系全体にわたってランダムに分布した。各ドメインは、数十秒程度の周期で振動した(図①)。約1時間経過すると、これらの小さな振動子の位相が揃い、系全体として大きな振動を示した(図②)。

② さらに時間が経過すると、大きな振動に伴う様々なパターンが形成された(図③)。

③ 局所的なATP刺激により、NADH濃度の低い領域が円形容器の中央部まで一過的にすばやく広がり、数十秒後には先端から消滅していった。このとき、小さなドメインの分布パターンは変化しなかった。

以上のことから、解糖系の時空間ダイナミクスは、速く振動する小さなパターンと緩やかに振動する大きなパターンがからみあっている、すなわち階層構造をとることがわかる。



T. Shinjo, Y. Nakagawa, T. Ueda: Self-organization of hierarchy by spatio-temporal dynamics in yeast extracts

粘菌の走化性におけるコヒーレント状態と
カオス的状態の循環的生成

三宅美博、伊藤恭紹、田畑 淳 (金沢工大・情報工学)
矢野雅文(東北大・電気通信研)、清水 博 (金沢工大・場の研究所)

真性粘菌の走化性において環境認識と行動制御のプロセスはどのように相互作用しているのだろうか?我々は既に細胞内リズムの結合系に着目し、グローバルな位置関係の生成として環境情報が統合され、それに従って個体全体として協調的に行動するという走化性発現の初期過程を明らかにした。そこで本研究では更に長時間観察し両プロセスの動的関係の解明を試みる。

図1の様にシート状の粘菌変形体(5×80mm)の両端に20mMと0.5mMのガラクトースを接触させ走化性を発現させる。このとき粘菌の反射光画像をビデオカメラで取込み、各点での光強度時間変化の振動成分から原形質厚さ振動の周期と位相勾配を、オフセット成分から原形質分布の変化として行動速度を計算する。ここでは20mM側と0.5mM側の2領域に分割しそれぞれの内部で解析した。図2に結果の一例を示す。いずれも20mM側方向を正符号とする。

(1) 刺激後の行動速度変化では活 20mM Gal. Plasmodium 0.5mM Gal. 20°C
発に移動するA相と徐々に減衰するB相が数時間周期で交互に出現し、これに対応して振動パターンも特徴的に変化する。

(2) A相では最初に行動速度と位相勾配の方向性が20mM側と0.5mM側の2領域で逆向きになるが、徐々に個体全体として20mM側に統合されそれらの大きさが徐々に増加する。このとき周期は次第に短くなる。

(3) B相では行動速度と位相勾配が大きく揺らぎつつ徐々に減少し不規則に変化するようになり、A相で観察されるグローバルなパターンが崩壊するこのとき周期は次第に長くなる。

これらの結果は、A相において環境情報を統合し行動方向を選択した後もコヒーレント状態が安定に持続するのではなく、徐々にB相のようにカオス的状態へと崩壊し、再びA相を繰り返すという循環的プロセスの存在を明確に示している。従って少し前の行動結果が再び環境認識系によって統合評価され少し後の行動制御に反映されるといふ再起的な認識と運動のプロセス間相互作用が示唆される。

Y. Miyake, Y. Ito, S. Tabata, M. Yano, H. Shimizu: Recursive relationship between coherent state and chaotic state in chemotaxis of *Physarum*