

粘菌の走性における協調性と位置情報 (3)

複雑な環境刺激に対する振動パターンの生成発展と行動
 金沢工大・情報 三宅美博・田畑 淳・村上博文・大戸康紀
 東大・薬 矢野雅文・清水 博

複雑な環境下での個体の統合的行動における協調性を明らかにするために、その最低限の例として2カ所に誘引刺激を与え応答を調べた。

【方法】(刺激方法以外は前発表と同じ)

刺激 1次元状の粘菌変形体(長さ約4cm、幅8mm)の両端側面に同時に、同一刺激Galactose(10mM)入り寒天シート(10×10×2mm)を接触させる。

【結果】(以下WHを変形体全体とする)

刺激後の時間	0~1024sec	1024~7168sec	7168sec~
行動(図1)	WHでほぼ停止	両端方向へ分裂し競合	一方方向へ揃う
周期(図2)	WHで減少	両端で異なり且つ変動	WHで同調
	(ステージ①)	(ステージ②)	(ステージ③)

【まとめ】

- 2つの誘引刺激への応答は行動に基づき3つのステージに分けられる。各ステージで特徴的振動パターンが観察され行動方向と一定の関係を持つ。
 - ステージ①→②: 前発表(2)の結果と定性的に一致する。ただし両端の刺激毎に行動方向が分裂競合し、振動の同調領域も各々クラスタ化される。
 - ステージ②→③: ステージ②での競合は短周期振動クラスタ側が長周期側より行動方向選択に関して優勢である。ステージ③では振動が全体で同調し、選択された方向へ個体全体として移動する。
- したがって個体全体での行動の協調性を生成する情報処理過程は、振動的側面からは少なくとも3段階の時間発展的階層から構成されると予想される。(その機能と位相パターンの関係は現在解析中である。)

図1 行動の経時変化 両刺激の中点を座標0として原形質分布率パターン、さらに原点両側で2区画(R, L)に分け座標×分布率の和を区画内の行動とする。

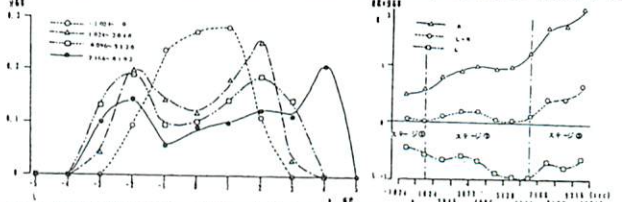
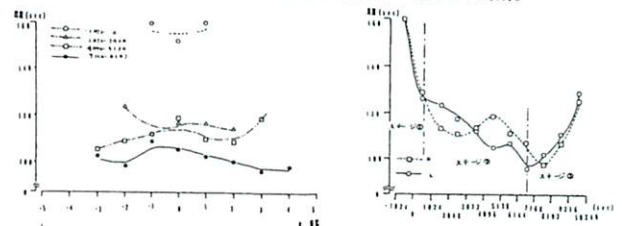


図2 周期の経時変化 周期の空間分布、両区画の端点での周期。



粘菌の走性における協調性と位置情報 (4)

2次元パターンとしての振動と行動の協調度解析
 金沢工大・情報 三宅美博・大戸康紀・田畑 淳・村上博文
 東大・薬 矢野雅文・清水 博

実験系を2次元に拡張し、さらに協調性の測定として「協調度」を導入し、ディスク状変形体の1地点に誘引刺激した時の応答を解析する。

【方法】(下記以外は前発表と同じ)

粘菌 ディスク状の変形体(直径約5cm)

刺激 周辺部の1地点におけるオートミール刺激(直径約1cm)

測定 画像取込み、格子状の区画毎(6×8mm)にデータ化

解析 行動: 1024秒間での区画内の原形質量の重心移動を行動ベクトル

振動: 1024秒平均での周期、位相の空間勾配ベクトル(-grad(θ))

協調度: 各局所ベクトルをa_i、個体全体で合計したものをAとし両者のなす角に基づきγ_i=π/2-|cos⁻¹{(A, a_i)/(|A||a_i|)}|で定義。
 γ_i≥0を協調的、γ_i<0を非協調的とよぶ。

【結果】(以下SPを刺激部位、CLをクラスタとする)

ステージ	ステージ①(図1)	ステージ②(図2)及びそれ以降
行動	方向の異なる小CL群	SP方向の大CL生成し徐々に分裂
周期	全体でほぼ同調	周期の異なる小CL群が徐々に生成
位相	SP進みの大CL	SP遅れの大CL生成し徐々に分裂

【まとめ】

- 1次元状の粘菌の場合と定性的に一致する結果が得られた。
 - 2次元パターンは常に協調的・非協調的クラスタ群が共存し全体として安定化されている。
- したがって変形体の行動協調メカニズムは非常に柔軟く、異種クラスタ間競合による非協調化を常に内包しつつ個体全体としての協調性を生成維持

すると推測される。(これは従来の位置情報理論の枠組みを超える。その際重要となるクラスタ間相互作用は現在測定中である。)

図1 ステージ① ベクトルは矢印で、周期は円の半径で表示。協調度はベクトルの回りの円の半径で示し、正は実線、負は破線で区別する。



図2 ステージ②



真性粘菌変形体の情報処理中、嫌氣的条件がカルシウム濃度勾配に及ぼす影響

○夏目季代久(九工大・情報工)、三宅美博(金沢工大・情報)
 矢野雅文、清水 博(東大・薬)

【1. 序】真性粘菌変形体は単細胞生物で化学刺激を情報処理し細胞全体で協調的に反応する。細胞内には1~2分周期のカルシウム濃度振動がみられ、またその振動のベースラインは変形体の進行方向前部から後部にわたって勾配を形成している。我々は、このカルシウム濃度時空間パターンが上記、情報処理に関与していることを明らかにしてきた。昨年報告したように濃度振動は嫌氣的条件下では周期が変化する。今回は嫌氣的条件のカルシウム濃度勾配への影響を調べ、変形体の情報処理中その条件の影響の異なる過程が存在することを見いだしたので報告する。カルシウム濃度パターンは刺激、非刺激両部位においてfura-2を用いて測定した。

【2. 誘引刺激後、嫌氣的条件にした時の濃度勾配の変化】1) 好氣的条件下、一方方向に進行中の変形体後部に局所的に誘引刺激(20mMグルコース)を与えると以前報告したように刺激、非刺激両部位でカルシウム濃度振動の周期減少が起こり濃度勾配が逆転し定常状態になった(図)。2) その後、嫌氣的にすると両部位で周期が増加し約5~20分後、刺激部位でカルシウム濃度の増加がみられたが濃度勾配は存在し続けた(図)。再び好氣的条件に戻すと濃度勾配、周期共に回復した。

【3. 嫌氣的条件下、誘引刺激した時の濃度勾配の変化】1) 一方方向に進

行している変形体に加湿窒素を流入し嫌氣的にすると2. 同様、両部位の振動周期、濃度勾配共に増加した。2) この条件下、誘引刺激を行ったが2. で観察された振動周期の減少及び濃度勾配の逆転は見られなかった。刺激25分後、好氣状態に戻すとそれらが観察された。

【4. まとめ】1) 嫌氣的条件下、変形体の進行方向後部に局所的誘引刺激を与えてもカルシウム濃度勾配は逆転しなかった。2) 好氣的条件下、同様の刺激により濃度勾配は逆転し定常的になった。その後、嫌氣的にすると勾配の大きさは変化したが高濃度勾配は存在していた。3) 従って嫌氣的条件は誘引刺激後のカルシウム濃度勾配の生成及び定常的な勾配の維持に対して影響するが勾配自体の存続には影響しないと考えられる。

