

B-64

粘菌の走化性における情報統合プロセスとその自己言及的構造(1)

○伊藤恭紹、島田真之、三宅美博
金沢工大(情報工学)

1. はじめに

現在の工学的システムにおいては、一般に制御アルゴリズムが前もって規定されるため、予測不可能な環境変化に対応できないという問題点がある。これに対し、生物は予測できない環境条件の変化に対しても柔軟に適應することができる。それは環境からの情報を意味的に統合し、システムの制御情報を自ら生成することができるからである。

そこで我々はその一例として粘菌(Physarum)の走化性に着目し、細胞内リズムのコヒーレンス生成-崩壊サイクルが情報統合と行動制御情報の生成にとって重要であることを既に報告した。そこで本研究では、コヒーレンスを評価する新たな測度を導入し、コヒーレンス生成と行動との相互依存関係の詳細な説明を試みるとともに、両者から構成される情報統合システムの論理構造についても考察する。

2. 実験方法

図1のように1次元帯状の粘菌の両端に化学刺激としてガラクトース(誘引刺激)を与え走化性を発現させた。観測は粘菌をビデオカメラで撮影し、画像処理的手法を用いて行った。解析は昨年度と同様の方法を用いて行なった。ただし、コヒーレンスは図中の式に従って位相勾配から評価し、行動は原形質分布量から分布率を計算して評価した。

3. 結果

図2は実験結果の一例で、細胞内リズムのパターンと行動に伴う形態変化を示している。はじめリズムが同調しているときに、粘菌は0.5mM側の原形質を減らして20mM側へ行動している。その後、同調パターンが崩壊するとともに行動をやめるが、時間が経つと再びリズムが同調して20mM側へ行動している。

図3に解析結果を示す。両グラフの特徴より、時間的に4つの区間に分けて考える。Stage Aでは、環境情報が受容されコヒーレンスが生成されてゆき、20mM側へ行動する。Stage Bでは行動したことによって形態が変化し、コヒーレンスが崩壊を始める。Stage Cでは、コヒーレンスが崩壊し行動をやめる。そしてStage Dでは、行動により変化した形態を拘束条件として新たな環境情報を受容し、コヒーレンスは再び生成されてゆく。

以上より、粘菌は環境との間で行動を介した相互作用をすることにより、形態としての拘束条件を自己生成するというメカニズムを持つことが示唆された。そしてそれにより予測不可能な環境条件の変化にも対応できると考えられる。また、化学刺激を与えなくても同様の観測結果が得られたことから、これは粘菌が内在的に持つメカニズムであると考えられる。

4. おわりに

以上は、形態としてはもっとも単純な1次元系での観測であった。次に、2次元での結果を報告する。また、考察は後にまとめて記載する。

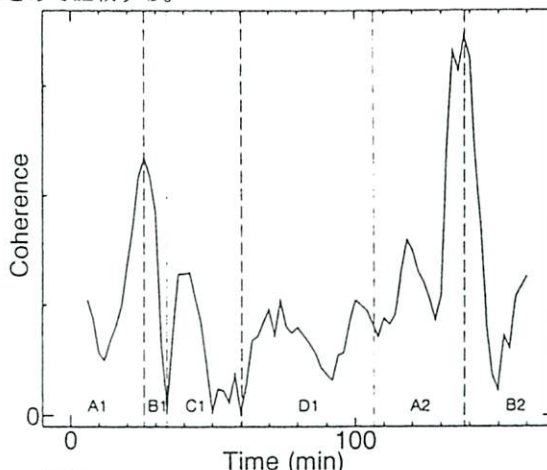


図3 (a) Time evolution of Coherence

Coherence = $|R_{20} \times X_{20} - R_{0.5} \times X_{0.5}|$
但し、 $X_{20}, X_{0.5}$ は図2のように粘菌を中央より分割したときのそれぞれの領域の位相勾配、 $R_{20}, R_{0.5}$ はそれぞれの分布率

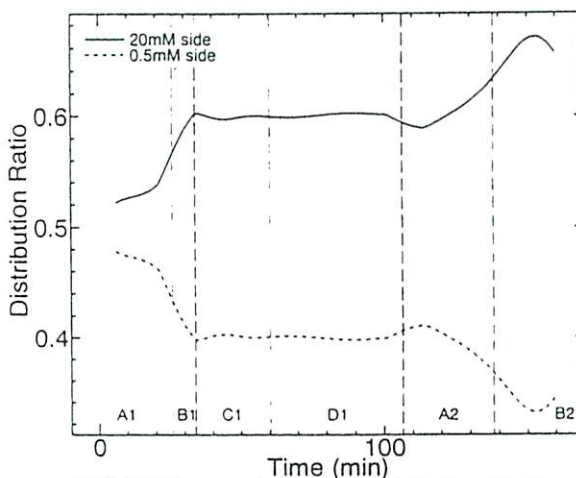


図3 (b) Time evolution of Distribution Ratio

図2のように粘菌を2分割したときの20mM side, 0.5mM sideそれぞれの領域の原形質分布率

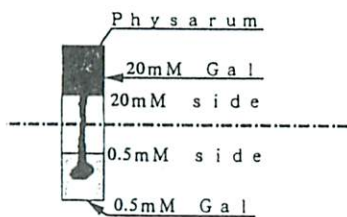


図1 Stimulation condition

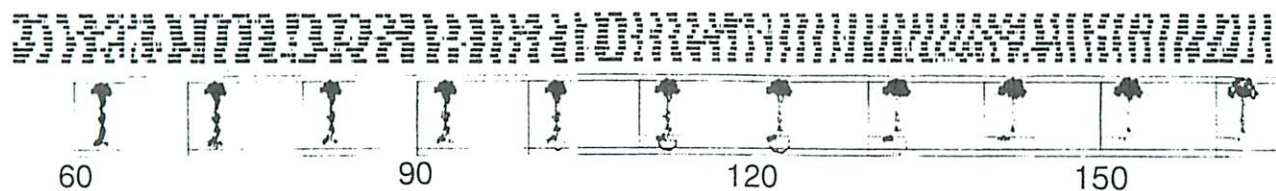
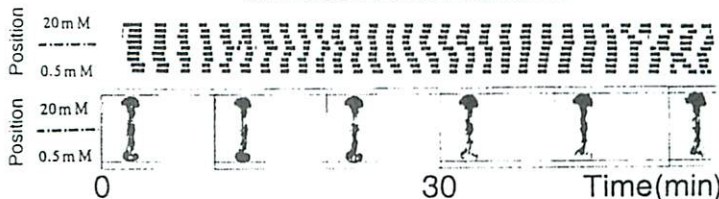


図2 Thickness oscillation and Physarum