

B—65

粘菌の走化性における環境情報の統合メカニズム (3)  
 —細胞内リズムの周期変動と外部環境変化の関係—

三宅美博<sup>1)</sup>・○多田英樹<sup>1)</sup>・矢野雅文<sup>2)</sup>・清水 博<sup>3)</sup>  
 1)金沢工大・情報工学、2)東北大・電気通信研、3)金沢工大・場の研究所

1. はじめに

本発表の第1部において説明したように、我々は生命システムにおける自律協調的な情報統合メカニズムを明らかにすることを目指している。そして具体的なモデル系として粘菌の走化性 (chemotaxis) に着目し、その細胞内リズムの引き込みを用いた環境情報統合プロセスを解析している。本研究 (第3部) では、粘菌にとっての外部環境がどのように細胞内リズム、特に周期変化の上に表現されるかを調べる。

2. 実験方法

実験方法としては粘菌に誘引刺激や忌避刺激などの種々の環境条件を入力し、そのときの細胞内リズムの周期変化を調べることになる。

粘菌の環境条件の設定は、走化性に着目していることもあり、化学的条件をコントロールすることによって行う。そこで、誘引刺激としてガラクトースを用い、忌避刺激として塩化カリウムを用いる。それぞれの濃度は、0.1mMから30mMの間に設定する。細胞内リズムの計測システムおよびデータの周期解析は、第1部において説明されたものと同様のものを使用する。

手順としては、粘菌変形体 (4×8mm) を無栄養寒天上に切り出し、約1時間実験装置内に放置し、その後リズムの測定を開始する。約30分計測を行ったところでFig. 1に示すように、粘菌を無栄養寒天から刺激物を含む寒天へ移し、さらに継続して約2時間測定を行う。なお、全ての操作は20℃の飽和水蒸気中で行う。

3. 結果

Fig. 2a, bは環境条件の変化前後における細胞内リズム周期の時間発展パターンを示している。Fig. 2aはガラクトースを含む環境に粘菌を置いた場合の結果であり、いずれの濃度においても環境変化後に周期が減少し、その後もとのレベルにゆっくり回復していくのがわかる。周期変化の大きさは刺激物質濃度と正の相関を有するが、周期変化のピークに達するまでの時間には顕著な差が見られない。一方、Fig. 2bは塩化カリウムを含む環境に粘菌を置いた場合の結果を示している。環境変化後に周期が徐々に増加すること以外、ガラクトースの場合とほぼ同様の傾向である。

Fig. 3は刺激物質濃度と周期変化の関係を解析したものである。ガラクトース刺激の場合はしきい値濃度が0.3mMであり、それより濃度が高くなると単調に周期が減少し、最大-15%程度に達する。塩化カリウム刺激の場合はしきい値濃度が1.0mMであり、それより濃度が高くなると単調に周期が増加し、最大+10%程度に達する。

Fig. 4は刺激物質濃度と周期変化がピークに達するまでの時間の関係を、しきい値以上において解析したものである。ガラクトースおよび塩化カリウム刺激共に、濃度との間に相関を見ることはできない。さらに、それぞれのピーク時間の値もほぼ40~50分で一致しており、両者の間に有意の差を認められない。

4. 考察

以上の結果をまとめると、

- (1) 化学的環境変化においては、刺激物質の種類およびその濃度に依存して細胞内リズムの周期変化の符号と大きさが一意的に決定されている。
- (2) ガラクトース刺激の場合はしきい値濃度は0.3mMであり、それより高いときは濃度に依存して単調に周期が減少する。
- (3) 塩化カリウム刺激の場合はしきい値濃度は1.0mMであり、それより高いときは濃度に依存して単調に周期が増加する。
- (4) 周期変化がピークに達するまでの時間は、刺激の種類および濃度からの影響を受けにくい。

したがって、外部環境変化と細胞内リズムの周期変動の間に一定の関係があることが明確に示された。このことは細胞内リズムの相互引き込みを通して環境情報が統合されるプロセスにおいて、粘菌にとっての外部環境条件が周期変動として内的に情報表現されることを意味している。

5. 終わりに

昨年度の発表において我々は、粘菌が環境情報を統合する上で細胞内リズムの相互引き込みが重要な働きをしていることを報告した。さらに本研究を通して、環境条件がリズムの周期変動としてコードされること、それらの引き込みを通して情報が統合され位相関係にしたがって行動制御されること、それらの循環的相互作用を経て走化性における環境認識が達成さ

れることが示された。

我々の一連の研究の最大の特徴はリズムの引き込みという非局在的な相互作用を用いることによって情報を統合できることを示したことにある。このような生物学的な情報統合モデルは工学的には全く研究が進んでおらず、自律協調システムのデザインにおける新しい方向性を示すものである。具体的な応用例が以下の2つの発表において説明される。

参考文献

1) Y. Miyake, M. Yano, H. Shimizu (1991). Relationship between Endoplasmic and Ectoplasmic Oscillations during Chemotaxis of *Physarum Plasmodium*. *Protoplasma* 162:175-181.  
 2) Y. Miyake, M. Yano, H. Tanaka, H. Shimizu (1992). Entrapment to External Ca<sup>2+</sup> Oscillation in Ionophore-Treated *Physarum Plasmodium*. *Cell Struct. Funct.* 17:371-375.  
 3) Y. Miyake, Y. Yamaguchi, M. Yano, H. Shimizu (1993). Environment-Dependent Self-Organization of Positional Information in Tactic Response of *Physarum Plasmodium*. *J. Theor. Biol.* (in press).  
 4) 田畑 淳 (1993). 生体におけるリズムによる情報統合メカニズムの研究. 金沢工業大学修士論文.  
 5) 村上博文 (1993). 生体における自律分散的な情報統合メカニズムの研究. 金沢工業大学修士論文.  
 6) 足立 市川, 細谷 昌川, 鈴木 三井, 宮崎 (1992). 生体における自律分散的な情報処理メカニズムの研究. 金沢工業大学卒業論文.  
 7) 大戸 鈴木, 高桑 田畑, 土屋 長谷, 福地 千塚, 柳川 村上 (1991). 生体における自律分散的な情報処理メカニズムの研究. 金沢工業大学卒業論文.

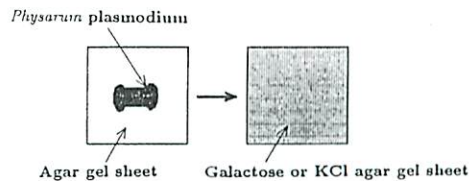


Fig.1 Stimulation condition

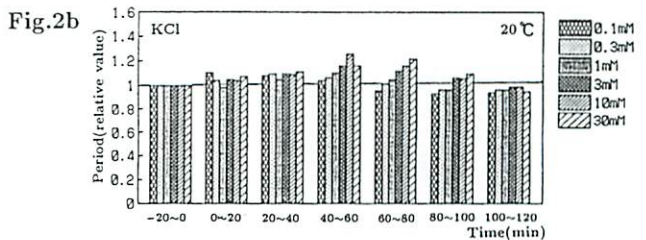
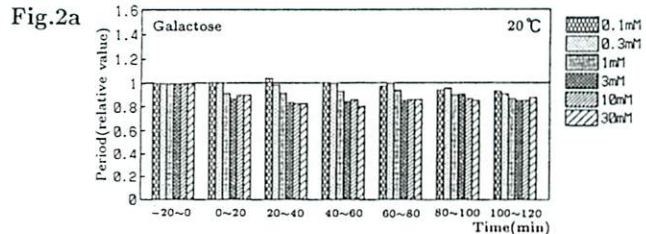


Fig.2 Time evolution of period.

周期は20分毎に平均され刺激前の周期で相対化される。時間は刺激時刻を基準として計算される。

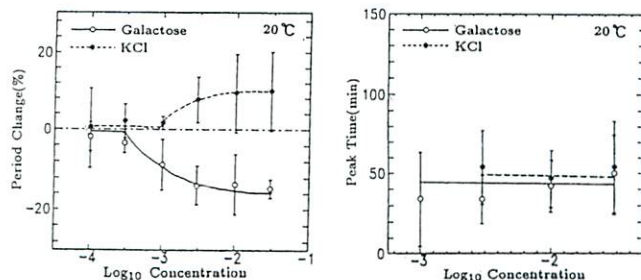


Fig.3 Relationship between concentration and period change.

周期変化は刺激後120分間の平均周期の変化率として計算される。

Fig.4 Relationship between concentration and peak time.

ピークタイムは刺激後周期変化が最大となるまでの時間として計算される。