

粘菌の走性における行動速度と細胞内リズム空間位相差の関係

三宅美博、野津 歩、村上博文(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)

我々は既に真性粘菌の走性において個体としての行動方向と細胞内リズムの空間的位相パターンに強い相関があることを報告した。このことは位相関係に基づいて行動が制御されている可能性を示唆する。そこで本研究では温度振動に細胞内リズムが引き込まれる性質を利用してリズムを変調し空間的位相関係を人為的に操作し、粘菌の行動速度がどのように影響を受けるかを解析した。

図1に示すようにシート状の粘菌変形体(3×12mm)の2領域にベルチエ素子で正弦波状の温度振動(20±6°C, 130sec)を入力し、2領域間の位相差を0度から180度までの種々の値に固定する。このとき粘菌の反射光画像をビデオカメラで取り込み両領域内の光強度の時間変化を計測する。ここで前発表と同様の解析を行うことにより、領域1、2間で位相差および行動速度を求める。ただし領域1方向が領域2に対して位相進みのとき位相差が正、領域1方向へ粘菌が移動するとき行動速度が正とする。

- 結果として図2に示すようなグラフが得られた。この特徴をまとめると、  
(1)行動速度は細胞内リズムの空間位相差によって一意的に決定されている。  
(2)行動速度の方向性は位相遅れ側から位相進み側へ方向に対応する。  
(3)行動速度の大きさは位相差0度と180度で最小値をとり90度付近で最大値をとる。

以上の結果より空間位相差に依存して行動速度が制御されることが明確に示された。したがって走性において観察される細胞内リズムのグローバルな位相パターンは粘菌の行動制御のための操作情報を表現していると考えられる。

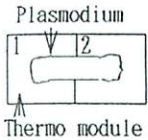


図1

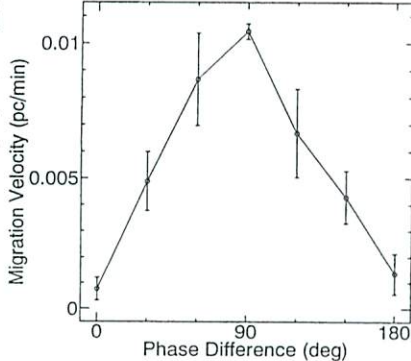


図2

Y.Miyake, A.Notsu, H.Murakami, M.Yano, H.Shimizu: Relationship between migration velocity and spatial phase difference of intracellular rhythm in taxis of *Physarum*

粘菌の走性における外部環境変化と細胞内リズム周期変調の関係

三宅美博、\*多田英樹(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)

我々は既に真性粘菌の走性において、環境情報が細胞内リズムの周期変調として受容され、引き込みを通してグローバルな位相関係を生成し情報統合されることを報告した。しかし外部環境変化と周期変調のされ方がどのような相関を持つかについてはあまり明かにされていない。そこで本研究では種々の濃度の誘引および忌避刺激を与え粘菌の細胞内リズムがどのように影響を受けるかを解析した。

シート状の粘菌変形体(4×4mm)にGalactose(誘引刺激)およびKCl(忌避刺激)を0.03mM~30mMの範囲内で接触させる。このとき粘菌の反射光画像をビデオカメラで取り込み単一領域内での光強度の時間変化として計測する。ここで前発表と同様の解析方法により厚さ振動を分離し、その刺激後120分間の平均周期の刺激前に対する変化率を解析する。

結果として図1のような刺激濃度と周期変化率の関係が得られた。

- (1)化学刺激の種類および濃度に依存して細胞内リズムの周期変化が一意的に決定される。  
(2)Galactose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ほぼ単調に周期が増加する。  
(3)KCl刺激の場合は、しきい値1mMであり、それより高いときはほぼ単調に周期が増加する。しかし誘引刺激の時ほど顕著ではない。

以上の結果より外部環境変化に依存して細胞内リズムが周期変調されることが明確に示された。したがって位相関係の生成としての環境情報の統合過程において、粘菌の各部分での環境条件は局所的な周期変調として表現されていると考えられる。

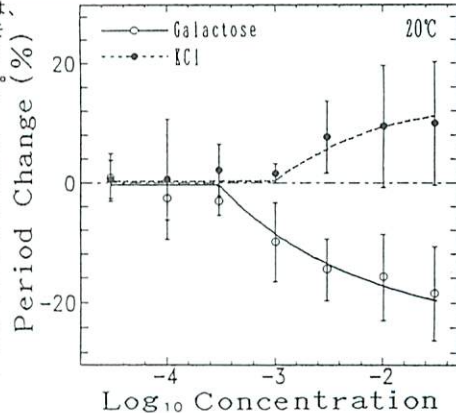


図 1

Y.Miyake, H.Tada, M.Yano, H.Shimizu: Relationship between environmental condition and period modulation of intracellular rhythm in taxis of *Physarum*

渋味および辛味物質に対する味センサ応答

○飯山 悟, 江崎 秀, 都甲 潔\*, 松野 哲也\*, 山藤 馨\*  
(近畿大・九州工, \*九州大・工)

我々が開発した味センサは脂質膜を貼った電極部と出力データを処理するコンピュータ部とから構成されている。脂質膜は味刺激を受容し、それを電気信号に変換するトランスデューサであるが、これには各味物質への応答特性が少しずつ違う8種が選ばれている。このため味センサは5基本味に対して異なる応答パターンを示すのみならず、種々の食品の識別が可能である。

渋味はお茶やワインに欠くべからざるものであり、辛味は香辛料として料理の味を引き立てているが、これらの味は物理的刺激に起因するとの認識から、基本味とは認められておらず、研究例も少ない。しかし渋味や辛味が他の基本味とどのように異なるかは興味ある問題であり、また味センサを様々な食品に適用する場合には、これらの味に対する応答特性も知っておく必要がある。

渋味物質としてタンニン酸、カテキン、ガリク酸そしてクロロゲン酸を運んだが、これらの物質に対して味センサは顕著な応答を示した。8種の脂質膜のうち、渋味物質に感受性が高いのはプラス電荷をもった膜であり、マイナス電荷膜の応答は小さかった。渋味物質の多くはフェノール類で、これらは弱いながらも水素イオンを電離し、自身はマイナス電荷を帯びるので、プラス電荷膜に作用したものと考えられる。渋味物質の作用の強さはタンニン酸>カテキン>ガリク酸>クロロゲン酸の順であった。カプサイシン、ピペリン、アリルカラシ油などの辛味物質は疎水性のためエタノールに溶かして調べたが、対照実験としてのエタノールの効果を差し引くと、辛味物質は味センサにほとんど影響を与えなかった。

渋味はタンパク質の凝集により発現されると考えられているが、ここで味センサ応答は、渋味物質が味細胞へ作用する可能性を示唆している。一方辛味物質は味センサに影響しないので、一般に言われているように痛覚や温度感覚を刺激するものと思われる。

S.Iiyama, K.Ezaki, K.Toko, T.Matsuno, K.Yamafuji: Response of taste sensor to astringent and pungent substances.

高等植物の根の運動と表面電位変動

○江崎 秀, 飯山 悟, \*都甲 潔, \*山藤 馨  
(近畿大 九州工, \*九大 工 電子)

植物の根や茎が成長する際、一般に単調に伸長せずに回転などの運動をしながら伸びていく。回転運動は周期数時間程度で、主として伸長率の円周方向の非対称性により起こるものである。一方、根や茎の表面には10mV程度の安定な電位パターンが形成されており、また周期10分程度の自励振動も見られる。この表面電位の不均一性は電流パターンの形成を反映しており、伸長速度と強い相関がある事が判っている。本研究では根の伸長や屈曲を測定し、同時に電位の円周方向の非対称性を調べ、電気的現象と根の運動の関連性を調べた。

水溶液中に置いたアズキの根を対象として表面電位を測定すると、電位パターンは基本的に軸対称のバンド構造をしており、根を水平に置いてその両側で電位を測定すると、両側でほぼ等しいパターンが観測される。しかしながら、長軸方向だけでなく円周方向の変化も詳細に測定すると、先端部では円周方向にも非対称性が現れる事が判った。即ち、伸長領域近傍では長軸方向以外にも複雑な電流パターンが形成されており、この電流の非対称性は根の運動と関係していると考えられる。

電位測定と同時に画像処理装置を用いて伸長の様子を詳細に調べた結果、根には周期数時間程度の比較的大きな運動の他に、電位振動と同じく、周期10分程度の小さな運動もしばしば現れる事が判った。

さらに、根の横わずかに離れて樹脂片を置くと、その直後から先端部で樹脂片に近い側の電位パターンが大きくなる。その後根の伸長方向もまた、樹脂片と反対側に偏る傾向が見られた。この電位の変化は、樹脂片によって根の表面近くに電流が集中した事を反映していると考えられ、伸長方向の変化は根が電位変化を直接感知したか、イオン蓄積の変化を通して影響を受けたものと考えられる。

これらの事実から、根の電流パターン形成や運動は相互に関係しながら外界の状態を認識し、成長方向を変えるのに役立っていると考えられる。

- 1) 都甲 潔, 江崎 秀, 山藤 馨 (1991) 生物物理, 31, 149-153.  
2) 三輪 敬之 (1993) 日本の科学と技術, 34, 57-63.

S.Ezaki, S.Iiyama, K.Toko, K.Yamafuji: Nutation and surface potential pattern of a root of the higher plant.