

繊毛虫ラクリマリア (*Lacrymaria olor*) の捕食運動

小泉 智史, 洲崎 敏伸 (神戸大・院理・生物)

Feeding behavior of the ciliate *Lacrymaria olor*

Satoshi KOIZUMI and Toshinobu SUZAKI (Dept. Biol., Grad. Sch. Sci., Kobe Univ.)

SUMMARY

The ciliate *Lacrymaria olor* exhibits repeating shortening and extension of proboscis in feeding behavior. Results of previous studies suggest that shortening of the proboscis is driven by twisting of the cortical structures, but details remain unclear. In this study, scanning electron microscopy revealed that surface striations (kineties) on the cell surface of both the proboscis and the cell body of contracted cells are almost parallel to the cell's long axis. They become coiled in a left-handed manner when the cell body and the proboscis are elongated, indicating that shortening and extension of proboscis cannot be explained using the mechanism of cell surface coiling. During shortening of the proboscis, the distance between two adjacent cilia along the same ciliary row decreased from 1.92 μm to 0.78 μm . These results demonstrate that shortening of cortical structures along the ciliary row is involved in shortening and extension of the proboscis in *Lacrymaria*.

[目的] 繊毛虫リトストマ類に属するラクリマリア (ロククロクビムシ *Lacrymaria olor*) は、プロボシス (吻) を伸長させ、その先端部で捕食を行なっている。プロボシスの伸長時の長さは短縮時の 10 倍以上にも及ぶことがある。これは他の繊毛虫には見られない特徴的な体構造の変化である。過去にラクリマリアの伸長短縮運動について、細胞体やプロボシスのねじりにより短縮し、ねじれをほぐすことで伸長することが示唆された¹⁾。また、それにはプロボシスの表層直下に存在する、吻の長軸方向に沿って存在するシート状の微小管と、 Ca^{2+} 依存性の収縮繊維マイオネムが関与している可能性が提唱されている¹⁾。しかし、詳細は未だ明らかにされていない。我々は、プロボシスの伸長・短縮運動を理解するために、まずねじれ運動の検証を行った。ラクリマリアの体表構造は左巻きらせん構造をしているので、繊毛列の数を測定することにより、伸長時・短縮時における細胞のねじれ度合いを測定した。また、繊毛列に沿って生える繊毛間の距離を測定した。また、過去の報告¹⁾ で示唆されているマイオネムの存在についても、形態学的・生理学的に検証を行った。さらに、口部周辺部に密生する繊毛がプロボシスの伸長短縮運動に関与しているかについても検討した。

[方法] 走査型電子顕微鏡の写真より、プロボシスおよび細胞体の表面における繊毛列の数を測定した。ねじれの度合いとしては、細胞の長軸に沿って体表面に引いた線が横切る繊毛列の数を、透過型電子顕微鏡観察から得られた細胞の横断面における繊毛列の数で割った値を、繊毛列の回転数 (ねじれの度合い) とした。横断面における繊毛列数は、プロボシスにおいて 13 あるいは 14、細胞体では 15 あるいは 16 であったため、その平均値である 14.5 を用いた。マイオネムの存在は、まず常法により固定した細胞を透過型電子顕微鏡で観察することにより確認した。用いた方法では、*Spirostomum* や *Stentor* などの異毛類繊毛虫のマイオネムが明瞭に観察できることがわかっている²⁾。さらに、マイオネムが Ca^{2+} 依存的に収縮する性質を利用して、高濃度の EGTA を用いるセルモデル処理 (10 mM EGTA, 4 mM MgCl_2 , 40 mM KCl, 20 mM HEPES, pH 7.2) を行った後に、0.01~25 mM CaCl_2 を添加し、細胞長の変化を観察した。この処理により、*Spirostomum* では、マイオネムの収縮による細胞の短縮が報告されている²⁾。さらに、口部繊毛運動のプロボシスの伸縮運動への関与について、1.5 mM NiCl_2 処理により繊毛運動を停止させることで検証した。

【結果と考察】細胞体とプロボースの表面構造より細胞表面におけるねじれ度合いを測定したが、細胞伸長に比例してねじれの度合いが増加するという結果が得られた(図1)。プロボースがねじれにより短縮するならば、短縮時にはねじれの度合いが増加することが予想されるが、実際の測定結果はこれとは逆であった。プロボースは、短い時にはほとんどねじれておらず、繊毛列はプロボースの長軸に対してほぼ平行に走っていた。一方、伸長の度合いが増すに従い、繊毛列はねじれていた。繊毛列を含む体構造のねじれによって細胞体が短縮するという運動機構が *Spirostomum* では報告されている²⁾が、今回の研究によりラクリマリアではこの考えは成り立たないことがわかった。走査型電子顕微鏡写真より、伸長時と短縮時における繊毛間距離を測定し、比較した(図2)。細胞体の表面とプロボースの表面における繊毛列に沿った繊毛間距離は、共に伸長時の方が短縮時よりも長かった。細胞体では約2倍に、プロボースでは約2.5倍に繊毛間距離が伸長していることがわかった。すなわち、繊毛の基部を含む何らかの細胞表層構造が、細胞の伸長・短縮に伴って長さを変化させていることが示された。

細胞表層で伸長・短縮に関与する構造としては、マイオネム myoneme が多くの繊毛虫で知られている²⁾。強い収縮性を示す異毛類繊毛虫ではマイオネムは顕著に発達しているし、ラクリマリアの属するリトストマ類でもマイオネムが観察されている。今回、ラクリマリアの透過型電子顕微鏡観察を行ったが、伸長・短縮のいずれの細胞状態においても、また細胞のどの部位においても、マイオネム構造を確認する事はできなかった。また、ラクリマリアのセルモデルを作製し、マイオネムで知られているカル

シウムによる細胞短縮が生じるかを調べた。対照として用いた *Spirostomum* ではカルシウム添加により顕著な細胞短縮が認められたが、ラクリマリアの細胞長にはまったく変化が無かった。すなわち、少なくとも *Spirostomum* などの異毛類で知られているようなカルシウム依存的なマイオネムの収縮による細胞の短縮現象は、ラクリマリアでは確認できなかった。

塩化ニッケル処理により、繊毛運動が段階的に弱くなっていく様子が観察された。まず、プロボースの連続的な伸長・短縮運動が停止し、遊泳運動のみを行うようになった。その後、しばらくは遊泳運動のみを行っていたが、次第に遊泳運動も停止した。さらに、プロボースは短縮し、最終的に細胞が球形化した。口部の繊毛は、他の体表面に比べて高密度に存在し、長さも長い。また、光学顕微鏡観察から、口部の繊毛が飛行機のプロペラのように、細胞の最前部で駆動力を発生して、細胞全体を牽引しているような運動が認められる。今回の実験の結果、繊毛運動をニッケル処理により人為的に停止させた細胞においてプロボースの短縮が生じたことは、プロボースの伸長は、口部の繊毛運動により受動的に引き伸ばされた結果であるという可能性を示唆している。

【文献】

- 1) Tatchell, E. C. (1980) An ultrastructural study of extension and contraction in *Lacrymaria olor* (O. F. Muller). *Protistologica*, 16, 167-175.
- 2) Ishida, H. and Shigenaka, Y. (1988) Cell model contraction in the ciliate *Spirostomum*. *Cell Motil. Cytoskel.*, 9, 278-282.

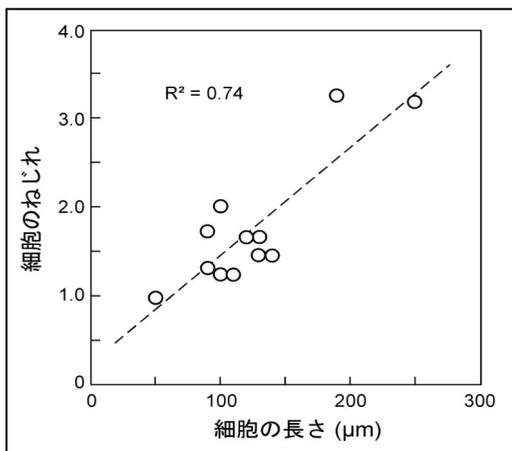


図1 細胞長と繊毛列のねじれの度合いの関係。走査型電子顕微鏡写真より、細胞の全長(細胞体、プロボース、口部を含む細胞の長さ)と、細胞のねじれ(細胞表面における繊毛列の回転数)を測定した。細胞が伸長するに従い、細胞のねじれがより大きくなることがわかる。

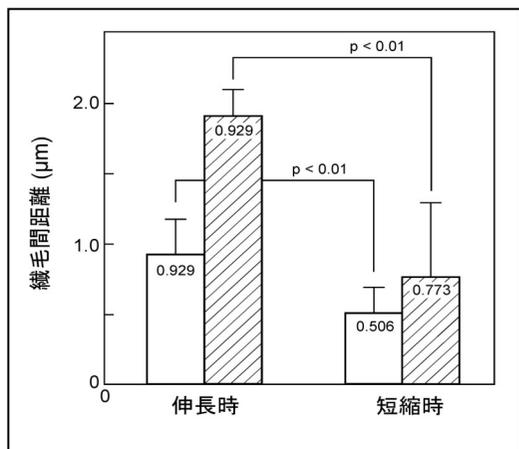


図2 伸長・短縮時における繊毛列に沿った繊毛間距離の比較。走査型電子顕微鏡写真より、細胞体の表面(白)とプロボースの表面(斜線)における繊毛間距離を測定(n=10)した。細胞体においてもプロボースにおいても、細胞の収縮に伴い繊毛間距離が有意に短くなっている。