

## A03 細胞質流動から迫る細胞質におけるゆらぎから構造が生じるメカニズム

国立遺伝学研究所・構造遺伝学研究センター 木村暁  
国立遺伝学研究所・構造遺伝学研究センター 木村健二

細胞質流動は細胞内で細胞質全体が流れるように移動する集団的な現象である。このような流動が生じるためには、細胞質を動かす原動力の方向が細胞全体でそろい必要があるが、そのメカニズムについては不明な点が多い。細胞質流動の原動力はほとんどの場合、細胞骨格タンパク質によって担われている。流動の方向が揃うためには、細胞骨格の向き、あるいは濃度や活性に方向性が生じる必要がある。

本研究課題では、モデル動物である線虫 *C. elegans* の初期胚で生じる細胞質流動の解析を通じて、「方向性を持った流動という【構造】がどのように生じるのか?」「流動という構造の形成や維持に、細胞内の【ゆらぎ】がどう関与するのか?」を明らかにすることを目的としている。線虫 *C. elegans* の初期胚では、2種類の流動が連続して生じる(図1)。一つ目は、減数分裂時細胞質流動(meiotic cytoplasmic streaming; MeiCS)と呼ばれるもので、微小管細胞骨格とモータータンパク質であるキネシンによって駆動される。二つ目が、体細胞分裂時細胞質流動(mitotic cytoplasmic streaming; MitCS)と呼ばれるもので、アクチン細胞骨格とミオシンモーターによって駆動される [1, 2]。

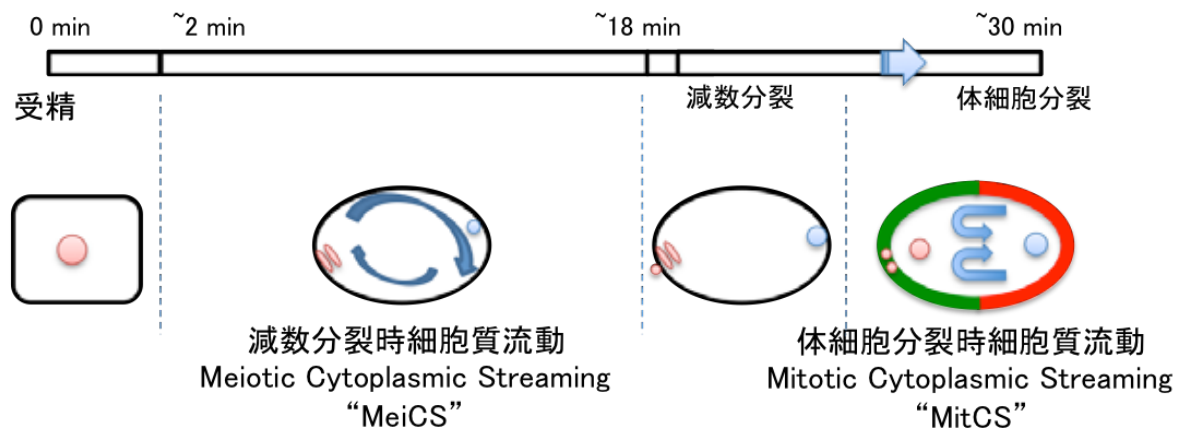


図1. 線虫 *C. elegans* 初期胚における2種類の細胞質流動。受精後にまず、「減数分裂時細胞質流動(MeiCS)」が生じ、その後しばらくしてから、「体細胞分裂時細胞質流動(MitCS)」が生じる。

今年度は「減数分裂時細胞質流動(MeiCS)」に着目して研究をすすめた。MeiCSの流動方向はあらかじめ決まっていなばかりか、流動の途中で時折逆転することが知られている。このことから、流動の原動力を提供する微小管細胞骨格がある方向に自発的にそろい、また、そろった方向が時間とともに変化することが予想された。我々は、微小管の方向性がそろ

ために細胞内のある構造体が必須な役割を果たしていることを明らかにし、方向がそろそろしくみを実験と理論モデルを用いた解析により提案した。また、微小管が確率的に生成と消滅を繰り返す「ゆらぎ」によって、流動の方向が変化し得ることを示し、ゆらぎの度合いを抑える実験により流動の方向の変化を抑えることに成功した。さらに、このようにして生じた流動が受精後の胚の機能[3]に寄与することも明らかにした。この成果は現在、論文投稿中である [4]。

MeiCS は流動の方向が概ねそろっているものの、時折逆転するタイプの細胞質流動であり、「Circulation 型」に分類される (図 2)。一方で、細胞全体で方向はそろいが、方向転換は起きない「Rotation 型」や、細胞全体で方向がそろわけてではない「Saltation 型」の細胞分裂も、その存在が知られている (図 2)。本研究によって、このような細胞質流動の形式の違いは、構造におけるゆらぎの寄与の相対的な大きさの違いによって生じることが示唆された。

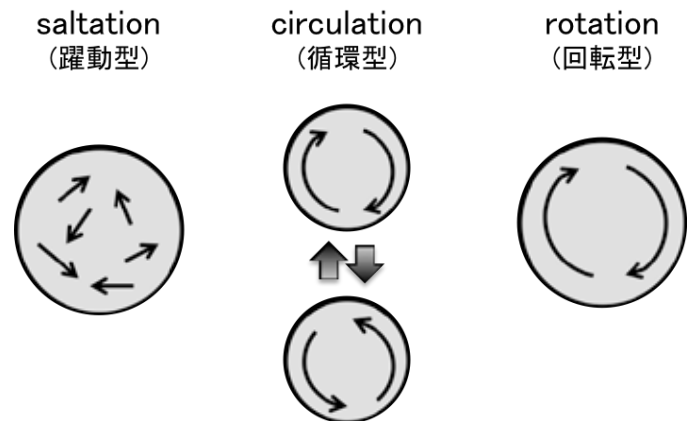


図 2. 3つのタイプの細胞質流動の模式図。

#### 参考文献：

- (1) R. Niwayama, K. Shinohara, and A. Kimura, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **108**, 11900-11905 (2011).
- (2) R. Niwayama, H. Nagao, T.S. Kitajima, L. Hufnagel, K. Shinohara, T. Higuchi, T. Ishikawa, and A. Kimura, *PLoS ONE* **11**, e0159917 (2016).
- (3) K. Kimura, and A. Kimura, *J. Cell Sci.* **125**, 5897-5905 (2012).
- (4) K. Kimura, A. Mamane, T. Sasaki, K. Sato, J. Takagi, R. Niwayama, L. Hufnagel, Y. Shimamoto, J.-F. Joanny, S. Uchida, and A. Kimura, *submitted*