

有櫛動物クシクラゲを用いた細胞生物学及び生理学的研究

城倉 圭

(生命創成探究センター・基礎生物学研究所)

動物たちの“動く”という性質は、まさにその生命そのものを映し出しているように感じる。私はそういったものをまるごと理解したいというモチベーションで研究をしている。虹色に輝くクシクラゲの動きは非常に神秘的である。その輝きは体表に並ぶ数万本の繊毛が束になった「櫛板（くしいた）」と呼ばれる運動器官の構造色である。櫛板のメタクロールウェーブは水流を効率よく生み出し、遊泳や姿勢制御を調節している。櫛板の繊毛がばらけずに同調できるのは、繊毛どうしをまとめるリンク構造があるためである。私は筑波大学下田臨海実験センターの稲葉一男教授のもと、この構造に着目し、日本近海に生息するカブトクラゲ (*Bolinopsis mikado*) を用いて構成分子の同定と機能解析を行った。カブトクラゲの長期継代飼育系を確立し、独自に開発した受精卵へのマイクロインジェクション技術を用いた遺伝子ノックダウンによって、リンク構造の構成因子として新規タンパク質 CTENO (テノ) 64、CTENO189 の機能を明らかにした (Jokura et al., 2019, Curr. Biol.; Jokura et al., 2022, Curr. Biol.)。

またクシクラゲは外部から刺激を受けると、櫛板を巧みにビーティングさせて、水槽の底へと逃れる。上下方向を認識できるのは、反口側にある平衡器官によって重力方向を検知しているためであり、その中枢には運動性をもつ繊毛「 баланサー」が存在する。この баланサーは、平衡石を支えるだけでなく、その繊毛自身のリズミカルな拍動が、櫛板の運動を駆動するペースメーカーとして機能する、美しく理にかなった運動制御系である。この拍動の背後にある神経ネットワークのしくみを理解したいという思いから、私は英国エクセター大学の Gáspár Jékely 教授のもと、コネクトーム技術を学んだ。平衡器官を対象に、約 1000 枚の超薄連続切片からシナプスレベルの解像度で電子顕微鏡像を取得し、三次元的に再構築した。その結果、 баланサーを制御する神経回路の全体像を明らかにすることができた (Jokura et al., 2025, bioRxiv)。また米国ウッズホール海洋生物学研究所で短期の研究滞在中に、水槽内で偶然発見した「2 個体のクシクラゲが合わさり、1 個体のように振る舞う現象」を実験室内で再現したところ、神経系や消化器系が短時間で機能的に統合される様子を観察することができた (Jokura et al., 2024, Curr. Biol.)。

現在私は生命創成探究センターおよび基礎生物学研究所において、クシクラゲの動きをより細胞・分子レベルで理解すべくトランスジェニックの作製を進めている。クシクラゲの動きに潜む精緻なしくみをひもとくことで、動物がどのようにして“動く”という能力を手にし、進化の中で複雑な行動を獲得していったのか、その根本原理に近づいていきたい。