

濱田博司

大阪大学大学院生命機能研究科  
教授

流れをつくり流れを感じる繊毛の力学動態の解明

## §1. 研究実施体制

### (1)「濱田」グループ

- ① 研究代表者:濱田博司 (大阪大学大学院、生命機能研究科、教授)
- ② 研究項目:ノード繊毛の運動とシグナル感知の力学動態
  - ・ 繊毛の運動パターンを決定する原理の解析
  - ・ 動かない繊毛が、物理的な力を感知する機構

### (2)「高松」グループ

- ① 主たる共同研究者:高松 敦子 (早稲田大学理工学術院、教授)
- ② 研究項目:流れをつくる細胞集団の運動パターン:繊毛運動の協同性とその役割
  - ・ 繊毛回転運動データの解析
  - ・ 繊毛回転運動の同期理論の構築

### (3)「石川」グループ

- ① 主たる共同研究者:高松 敦子 (早稲田大学理工学術院、教授)
- ② 研究項目:流れと変形の数値シミュレーション
  - ・ 繊毛流れの流体力学的解析
  - ・ 繊毛の変形解析

## §2. 研究実施の概要

**(1)流れをつくる一つの細胞の運動パターン:繊毛が一方向に回転運動する機構**

左右の対称性を破るノード繊毛が一方向に安定に回転するしくみを、ライブイメージング・電子線トモグラフィ・構造力学シミュレーションモデルの技術を組み合わせて検証を行った。今年度は主にタキソール処理をしたマウス胚におけるノード繊毛の運動と構造の解析を行った。タキソール処理後の各時点で運動と構造が変化する動態を調べた。さらに各時点で実験により得られたノード繊毛の 3 次元構造を元に繊毛運動の構造力学シミュレーションを行い、運動の再構成を試みた。ノードの動かない繊毛が水流を感知する機構を知るために、その繊毛にカルシウムレポーターを局在させるトランスジェニックマウスを作成した。

### **(2)流れをつくる細胞集団の運動パターン:繊毛運動の協同性とその役割**

高松グループでは、回転する繊毛が同期するしくみについて理論構築を行うために H25 年度は次の3つの項目について研究を実施した。(2-1) 野生型マウスノードから取得した多繊毛系実験データの解析を行い、理論構築のキーとなる繊毛の傾き角、開き角などの繊毛セットアップのパラメータのばらつき度合いを定量した。(2-2)さらに、3 繊毛系の流体シミュレーションと同期理論の導出の準備として、石川グループと協力して繊毛間の流体相互作用関数の計算方法の改良に着手した。追加項目として、(2-3)繊毛回転運動の同期度の繊毛間距離依存性について解析を行った。

### **(3)流れを感じる繊毛の力:流れの形成と感知機構の解明**

石川グループは、繊毛の固体力学および繊毛周りの流れの流体力学を解析する数値シミュレーションコードを開発した。既存の境界要素法・有限要素法コードを基礎とし、繊毛内の微小管・分子モーター構造の影響を新たに取り入れられるように改良した。開発に必要な基礎式の整備、離散化手法の確立、必要な物性値の調査も行った。また、高松グループに渡す相互作用関数の計算にも取り組み、相互作用関数に及ぼす繊毛の幾何学的パラメータの影響について、いくつかのデータ解析を行った。

## **§3. 成果発表等**

### **(3-1) 原著論文発表**

1. Dong, F., Shinohara, K., Nabeshima, R., Botilde, Y., Asai, Y., Fukumoto, A., Hasegawa, T., Matsuo, M., Takeda, H., Shiratori, H., Nakamura T., and Hamada, H. (2014). Pih1d3 is required for cytoplasmic pre-assembly of axonemal dyneins in sperm. *J. Cell Biol.* 204:203-213.