

2024年度 交流助成 成果報告（海外派遣）

2024 年 10 月 18 日



所属：東京工業大学 生命理工学院

氏名：河西 通

会議等名称 Self-Organization in Biology: Freiburg
Spemann-Mangold Centennial Symposium

開催地 ドイツ・フライブルク

期 日 2024 年 9 月 16-19 日

1) 会議（研究会）の概要

本国際シンポジウムは、発生学者シュペーマン、マンゴルト両氏が胚発生における「自己組織化」に関する論文を発表してから今年で 100 周年を迎えることを記念し、国際発生生物学会の主催によりドイツ・フライブルクで開かれた特別研究発表集会である。

胚発生における「自己組織化」（胚が自発的に複雑で秩序だった構造に変化する現象）の仕組みは、長らく発生生物学における大きな謎であった。しかし、近年のイメージング技術の発展によりこの現象を定量的に記述できるようになり、さらに発生生物学が力学や化学反応論などに基づく物理化学的アプローチと融合し始めたことから、自己組織化の理解は急速に進展している。本シンポジウムは、こうした最新の知見を共有および議論する場であり、まさに BME (biomedical engineering、生体医工学) 分野とも呼べる学際的な研究集会である。世界各国から 162 名の発生生物学者が集まり、延べ 4 日間にわたり、シュペーマンオーガナイザーが自己組織化によって胚体を誘導する分子メカニズム、細胞集団の振る舞い、自己組織化作用の種間比較、さらにはオルガノイドでの自己組織化作用に至るまで、多岐にわたるトピックについて議論を交わした。

2) 会議（研究会）で発表した研究テーマとその討論内容

“Collective cell migration of floorplate and hypochord cells facilitates coordinated growth of

midline tissues during zebrafish body axis elongation（日本語訳：floorplate と hypochord の集団細胞移動によって、ゼブラフィッシュの体軸伸長における複数の中軸組織の協調した伸長が達成される）”という題目でポスター発表を行った。

発生過程では、異なる複数の組織が長さを揃えながら協調して伸長する現象がみられるが、その制御機構はほとんど未解明のままである。申請者はゼブラフィッシュ胚の体軸伸長プロセスにおける floorplate (FP)・hypochord (HC)・notochord の協調した伸長現象をモデルとし、組織が協調して伸長するメカニズムを解析した。共焦点顕微鏡による経時的ライブイメージングや組織単離培養実験、2次元バーテックスモデルの基づく数理シミュレーションなどを組み合わせることにより、FP・HC・notochord の細胞群の振る舞いを明らかにした。その結果、notochord と FP および HC の間に細胞間相互作用が生じることにより、notochord の伸長に追従して FP・HC の細胞群が体軸後方に集団移動するリーダー-フォロワー型のフォーメーション制御が働き、協調した伸長を実現していることを見出した。本発表では、そのメカニズムの詳細を議論した。

3) 出席した成果

本発表では、体軸伸長におけるフォーメーション制御の背後にある分子・細胞メカニズムについて、多くの研究者から貴重なコメントを頂くことができた。フォーメーション制御とは、制御工学やロボット工学において、複数のエージェント（ロボットやドローンなどの行動ユニット）が互いの位置や速度などを認識し、それに応じた行動を取ることで、集団全体として特定の配置や形状を保ちながら移動する制御技術・理論である。

例えば、筆者と同様に体軸伸長プロセスを細胞増殖の観点から研究している研究者からは、notochord の細胞増殖にも注目すべきとの指摘があった。さらに別の研究者からは、伸長過程における細胞外基質の動態に関する質問を受けた。細胞外基質とは、細胞を取り巻くタンパク質や多糖類からなる高分子群であり、細胞の移動時に足場として機能する。この研究者は、ホヤ胚において細胞外基質が組織間を架橋し、組織同士の相対位置を固定することを示す結果を発表しており、この知見はフォーメーション制御に寄与する新しいメカニズムの着想を得る上で参考になった。

本発表以外でも、細胞移動に関する研究を行う他の研究者との議論を通じて、生体内での細胞移動活性をライブイメージングにより評価するためのタンパク質プローブなどについて技術的なアイデアを得ることができた。また、国内外で活躍する同世代の研究者との交流も大きな刺激となり、短い期間ながらも非常に有意義な経験を得ることができた。

4) その他

本シンポジウムが開催されたフライブルク大学は、スーパーマンが大学院生のマンガルトとともに発生生物学を大きく進展させる一連の実験を行った歴史的な場所であ

る。100年の時を経て同じ場所に立ち、発生生物学の豊かな歴史を感じながら最先端の研究について議論できたことは、貴重な体験であった。同時に、このような基礎科学分野において中長期的な視点で研究を進めることの重要性を改めて認識した。

本シンポジウムに参加するにあたり、ご支援を賜りました公益財団法人中谷医工計測技術振興財団の皆様にご心より感謝申し上げます。



写真1
シンポジウム最終日前夜、懇親会にて



写真2
会場となったフライブルク大学



写真3
フライブルク大学の屋外水槽。
シュペーマンの組織移植実験に用いたイモリはここで飼育されていた