

多細胞間での時空間的相互作用の理解を目指した定量的解析基盤の創出
2021 年度採択研究代表者

2022 年度
年次報告書

植田 美那子

東北大学 大学院生命科学研究科
教授

生命情報の低次元化を起点とする多階層モデル駆動型研究戦略の創出

主たる共同研究者:

津川 暁 (秋田県立大学 システム科学技術学部 助教)

檜垣 匠 (熊本大学 大学院先端科学研究部 教授)

藤本 仰一 (大阪大学 大学院理学研究科 准教授)

研究成果の概要

本研究は、植物の初期発生をモデル系として、定量数理解析、高精細ライブイメージング解析、汎用的画像パターン認識解析、トランスクリプトーム解析を統合することで、生命システムの全体像を理解することを目指す。具体的には、モデル植物の一つであるシロイヌナズナにおいて、受精卵が極性化して上下に非対称分裂することで第一の体軸である上下軸が確定する過程と、その後のパターン形成期において胚が内外に非対称分裂することで、第二の体軸である内外軸が形成される過程とに着目し、細胞内の分子の挙動が細胞全体の極性化、ひいては非対称分裂を介した多細胞体の形成に至るといふ多階層機構の解明に取り組んでいる。

ライブイメージングにおいては、細胞骨格やオルガネラの動態マーカーを用い、受精卵や初期胚における細胞内の時空間動態を精緻に観察した。また、これらを特異的に攪乱する実験ツールの開発も進め、微小管の配向や細胞板の形成を阻害する新規薬剤を見出した。

画像解析においては、ライブイメージングで得られた高次元画像内の細胞の揺動を補正する座標標準化法を開発したことで、雌雄細胞の融合点(精細胞の侵入点)の方向に向けて受精卵が先端成長の様式で細胞伸長することや、細胞分裂の前に一過的に伸長速度と先端半径を増加させることなど、精緻な定量情報を得ることに成功した。この一過的な変化時期を「Rapid Growth Stage (RGS)」と名付け、現在はその駆動要因を探っている。

さらに、多様な高次元画像群に潜在する事象間の関連性を探るべく、受精卵の頂端-基部軸に沿った細胞内構造の分布の定量評価とクラスタリング解析を実施した。これにより、受精卵の極性化と強く連動する細胞内構造を特定した。

これらの細胞内の動態解析と並行して、多細胞体のパターン形成機構を探るための方法論の構築も進めた。植物の器官の位置を決定する細胞の空間的配置が対称になる力学的仕組みと、それを制御する分子ネットワークについて、定量数理モデルや遺伝学的実験などの統合を通じて明らかにした。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Kang et. al., *Plant Cell Physiol.* 2023 Mar 20;pcad020. Coordinate normalization of live-cell imaging data reveals growth dynamics of the Arabidopsis zygote. doi: 10.1093/pcp/pcad020.
- 2) Fujiwara et. al., *Curr Biol.* 2023 Mar 13;33(5):886-898.e8. Patterned proliferation orients tissue-wide stress to control root vascular symmetry in Arabidopsis. doi: 10.1016/j.cub.2023.01.036
- 3) Tsugawa et. al., *Sci Rep.* 2022 Aug 1;12(1):13044. Elastic shell theory for plant cell wall stiffness reveals contributions of cell wall elasticity and turgor pressure in AFM measurement. doi: 10.1038/s41598-022-16880-2.