

2023 年度年次報告書
細胞の動的・高次構造体
2022 年度採択研究代表者

高塚 大知

金沢大学 理工研究域
テニュアトラック助教

オルガネラ間の動的相互作用が駆動する細胞分化

研究成果の概要

植物の根の表面から突出する「根毛」は、水分・養分の吸収に重要な働きを持つ細胞である。根毛が成長を開始するには、細胞内を核が移動し、根毛形成位置まで到達する必要がある。これまで、根毛成長を誘導する遺伝子ネットワークの解析は盛んに行われてきたが、「巨大液胞が大部分を占める細胞内をなぜ核が移動できるのか」、「何が引き金となって核が移動を開始するのか」といった、細胞生物学的視点をもった研究は行われていない。本研究では、遺伝子発現の司令塔である「核」と、巨大圧力を発生させる物理的構造体である「液胞」が互いの動態を制御し合う『動的相互作用』が、核移動を伴う根毛細胞の大規模な構造変換の駆動力であるとの仮説の実証を目指す。2023年度は、以下3つの課題に取り組んだ。

1. 細胞構造操作技術

光ピンセットによる細胞構造操作技術の確立に取り組んだ。矮小なオルガネラであるアミロプラストは、光ピンセットを用いて自在に動かすことができたが、核を動かすことはできなかった。現在、移動し始めた核の進行を光ピンセットによって妨げることができるかを検証している。

2. 時空間高解像イメージングによる核-液胞動態の解析

これまでの共焦点レーザー顕微鏡に加え、「空間分解能」に優れた透過型電子顕微鏡、「時間分解能」に優れた微分干渉顕微鏡を用いて、液胞周辺の液胞断片化現象や、核の通路となる間隙形成といった液胞構造再編の実体を、高い時空間分解能で捉えることに成功した。

3. 核-液胞の複雑な動的相互作用を御するアクチンの役割の実証と制御系解明

これまで「核移動」と一口に呼んでいた現象が、実は「small GTPase 非依存的に核を下方へ引っ張る力」と「small GTPase 依存的に横方向へ引っ張る力」という二成分の力によって制御されることを明らかにした。更に、二成分の力はいずれもアクチン依存的なものであることを見出した。また、このベクトルの異なる核移動が、物性の異なるアクチン繊維によって駆動されていることを明らかにした。これは、これまで全く未知であった、「核移動の方向性を決める仕組み」の一端を明らかにした重要な発見である。

【代表的な原著論文情報】

- 1) Takatsuka, H., Amari, T., Umeda, M., Cytokinin signaling is involved in root hair elongation in response to phosphate starvation, *Plant Signaling & Behavior*, 19, 2305030, (2023)
- 2) Mineta, K., Hirota, J., Yamada, K., Itoh, T., Chen, P., Iwakawa, H., Takatsuka, H., Nomoto, Y., Ito, M., MYB3R-mediated and cell cycle-dependent transcriptional regulation of a tobacco ortholog of *SCARECROW-LIKE28* in synchronized cultures of BY-2 cells, *Plant Biotechnology*, 40, 353-359, (2023)
- 3) Gombos, M., Raynaud, C., Nomoto, Y., Molnár, E., Brik-Chaouche, R., Takatsuka, H., Zaki, A., Bernula, D., Latrasse, D., Mineta, K., Nagy, F., He, X., Iwakawa, H., Ösz, E., An, J., Suzuki, T., Papdi, C., Bergis, C., Benhamed, M., Bögre, L., Ito, M., Magyar, Z., The canonical E2Fs together with RETINOBLASTOMA-RELATED are required to establish quiescence during plant development, *Communications Biology*, 6, 903, (2023)
- 4) Matsumoto, T., Higaki, T., Takatsuka, H., Kutsuna, N., Ogata, Y., Hasezawa, S., Umeda, M.,

Inada, N., *Arabidopsis thaliana* Subclass I ACTIN DEPOLYMERIZING FACTORs Regulate Nuclear Organization and Gene Expression, *Plant & Cell Physiology*, 64, 1231-1242, (2023)