

科学研究費助成事業（基盤研究（S））公表用資料
〔平成31年度（2019年度）研究進捗評価用〕

平成28年度採択分
平成31年3月18日現在

植物発生進化のグランドプランとしての細胞分裂軸制御機構
とその時空間制御機構の解明

Spatiotemporal regulation of cell division axis
as a grand plan of plant developmental evolution

課題番号：16H06378

長谷部 光泰 (HASEBE, Mitsuyasu)

基礎生物学研究所・生物進化研究部門・教授



研究の概要（4行以内）

動物植物ともに、細胞がどちらの方向に分裂するかは発生過程に大きな影響を与える。そして、細胞分裂軸の変化は、動物植物において体制進化に大きく寄与してきた。本研究ではヒメツリガネゴケにおける細胞分裂軸制御機構とその時空間的制御機構を明らかにするとともに、細胞分裂軸制御機構の進化と陸上植物の体制進化との関係について研究を進める。

研究分野：進化生物学

キーワード：細胞分裂軸、発生進化、細胞進化、ヒメツリガネゴケ、ミカヅキモ

1. 研究開始当初の背景

動物植物ともに、細胞がどちらの方向に分裂するかは発生過程に大きな影響を与える。そして、細胞分裂軸の変化は、動物植物において体制進化に大きく寄与してきた。陸上植物は中心体や星状体を持たず、動物と異なった新規の細胞分裂軸決定機構を持つと予想されるがその分子機構は未解明である。

2. 研究の目的

本研究ではこれまでの発生進化研究、微小管制御研究から得たアイデアの下、新発見したヒメツリガネゴケの垂層分裂から並層分裂への転換を一括制御する GRAS 転写因子と関連因子を手がかりに、動物とは異なった新たな細胞分裂軸制御機構とその時空間的制御機構を明らかにする。そして、ヒメミカヅキモ、シロイヌナズナとの比較から細胞分裂軸制御機構の進化と陸上植物の発生進化のグランドプラン進化との関係を推定することを目的とする。

3. 研究の方法

陸上植物における細胞分裂軸制御機構を明らかにし、その進化過程を推定する。

〔研究1〕三次元細胞セグメンテーションを行い、細胞形態と分裂様式の間関係を調べる。垂層分裂から並層分裂への転換に必要なヒメツリガネゴケ GRAS 転写因子がどのような分子機構によって細胞分裂軸制御を行って

いるかを解析する。GRAS 転写因子以外にも細胞分裂軸制御に関わる可能性のある細胞分裂や細胞伸長に関わる因子の機能解析を行う。

〔研究2〕GRAS 転写因子とその制御に関わる因子の時空間制御機構をヒメツリガネゴケの葉脈形成をモデルとして明らかにする。

〔研究3〕研究1、研究2で明らかになった転写因子と細胞分裂軸決定を結ぶ遺伝子系、時空間制御機構をシロイヌナズナ、ヒメミカヅキモにおいて解析し、進化過程の推定を行う。

4. これまでの成果

〔研究1〕三次元細胞セグメンテーション、シミュレーションを行い、葉、造精器、造卵器、in vitro 胚の頂端幹細胞とその娘細胞の細胞分裂様式の解明を進めている。

GRAS 転写因子がオーキシン合成を介して細胞分裂軸形成に影響を与えているらしいことがわかってきた。

タバコ BY2 細胞を用いた研究により小管形成の基本原則があれば、自己組織化の結果として表層微小管が特定の配向を示し細胞分裂軸形成に影響を与えることがわかった。

オーキシン排出タンパク質が細胞伸長を制御して細胞分裂軸形成を担っている可能性があることがわかった。

被子植物の花器官形成に関わる MADS-box 遺伝子はヒメツリガネゴケでは細胞分裂軸

長制御に関わることがわかった (Koshimizu et al. 2018)。

いくつかの細胞分裂軸転換によって造精器形成が行われることがわかった (Kofuji et al. 2018)。

茎葉体の葉の細胞分裂は隣接細胞によって制御されていることがわかった (Sato et al. 2017)。また、低温ショックタンパク質が細胞分裂を制御することがわかった (Li et al. 2017)。

茎葉体頂端幹細胞や葉では前期前微小管束の他に新たな微小管形成中心が細胞分裂軸を形成していることがわかり、被子植物にも類似の仕組みがあることがわかった (Kosetsu et al. 2017)。

[研究 2] ヒメツリガネゴケの GRAS 転写因子はシロイヌナズナの GRAS 転写因子とは異なった制御様式を持っていることがわかった。

[研究 3] 従来、陸上植物進化の段階で精密な細胞分裂機構が進化したと考えられてきたが、陸上植物の姉妹群である接合藻類のヒメミカヅキモにおいても同じ機構があることがわかり、陸上植物の精巧な細胞分裂軸形成を介した多細胞体制の複雑化の基礎は、接合藻類との共通祖先の段階ですでに存在していた可能性が高いことがわかった。

5. 今後の計画

[研究 1] 造精器、造卵器、葉、in vitro 胚の野生型と GRAS 遺伝子欠失変異体の三次元細胞セグメンテーションとシミュレーションを行い、野生型における細胞分裂軸形成機構、GRAS 遺伝子の細胞分裂軸形成機構における役割を明らかにする。

GRAS 転写因子とオーキシン制御、細胞分裂軸制御の制御関係を明らかにする。

タバコ BY2 細胞を用いた表層微小管形成モデルを構築する。

オーキシン排出タンパク質の細胞分裂軸形成における役割を明らかにする。

[研究 2] GRAS 転写因子間の相互作用を明らかにし、シロイヌナズナと比較する。

[研究 3] ヒメミカヅキモに蛍光タンパク質融合チューブリンを導入した形質転換株を用いて微小管動態を明らかにし、陸上植物との細胞分裂軸形成機構の共通点と相違点を探求し、陸上化における細胞分裂軸制御機構の進化と陸上植物のボディープラン形成との関係について推定する。

6. これまでの発表論文等 (受賞等も含む)

Koshimizu, S., Kofuji, R., Sasaki-Sekimoto, Y., Kikkawa, M., Shimojima, M., Ohta, H., Shigenobu, S., Kabeya, Y., Hiwatashi, Y., Tamada, Y., Murata, T. and Hasebe, M. 2018. *Physcomitrella* MADS-box genes regulate water supply and sperm movement for fertilization. *Nat. Plants* 4,

36-45.

Kofuji, R., Yagita, Y., Murata, T., and Hasebe, M. 2018. Antheridial development in the moss *Physcomitrella patens*: implications for understanding stem cells in mosses. *Philos. Trans. R. Soc. Lond. B Biol. Sci.* 373, 20160494.

Sato, Y., Sugimoto, N., Hirai, T., Imai, A., Kubo, M., Hiwatashi, Y., Nishiyama, T., and Hasebe, M. 2017. Cells reprogramming to stem cells inhibit the reprogramming of adjacent cells in the moss *Physcomitrella patens*. *Sci. Rep.* 7: 1909.

Kosetsu, K., Murata, T., Yamada, M., Nishina, M., Boruc, J., Hasebe, M., Damme, DV., and Goshima, G. 2017. Cytoplasmic MTOCs control spindle orientation for asymmetric cell division in plants. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 114: E8847-E8854.

Li, C., Sako, Y., Imai, A., Nishiyama, T., Thompson, K., Kubo, M., Hiwatashi, Y., Kabeya, Y., Karlson, D., Wu, S.-H., Ishikawa, M., Murata, T., Benfey, P.N., Sato, Y., Tamada, Y., and *Hasebe, M. 2017. A Lin28 homolog reprograms differentiated cells to stem cells in the moss *Physcomitrella patens*. *Nat. Commun.* 8: 14242.

7. ホームページ等

<http://www.nibb.ac.jp/evodevo>