

様式 C - 7 - 1

令和元年度科学研究費助成事業（科学研究費補助金）実績報告書（研究実績報告書）

| | | | | |
|----------|----|---------------|------|-------|
| 所属研究機関名称 | | 奈良先端科学技術大学院大学 | 機関番号 | 14603 |
| 研究代表者 | 部局 | 先端科学技術研究科 | | |
| | 職 | 教授 | | |
| | 氏名 | 中島 敬二 | | |

1. 研究種目名 新学術領域研究（研究領域提案型） 2. 課題番号 19H05671

3. 研究課題名 細胞システムの自律周期とその変調が操る根の成長

4. 研究期間 令和元年度～令和5年度 5. 領域番号・区分 7104 計画研究

6. 研究実績の概要

根の定常的あるいは可塑的な成長は、根端の細胞群の周期性とその変調により実現されている。本研究では根端の細胞群が発振する周期動態の実体と、それらが根の成長制御に果たす役割を明らかにするため、生物学と情報学の融合研究を推進し、以下の成果を得た。

野生型植物と根端幹細胞ニッチの機能が欠損した変異体を用い、根端メリステムの単一皮層細胞列の分裂動態を比較解析した。野生型植物においては根端メリステムの細胞群がほぼ一定の短い周期で分裂していたのに対し、ニッチ細胞である静止中心の近傍にある細胞の周期は特異的に長いことが判明した。変異体植物においては細胞群の分裂周期が全体に長くなっていったものの、周期の一定性やニッチ細胞近傍での周期の延長は、野生型植物と同様の傾向を示した。以上の結果から、根端メリステムの細胞周期を協調させる未知の機構や、幹細胞ニッチの近傍で細胞周期を延長させる未知の制御系の存在が示唆された。

重力屈性応答時の細胞動態を定量化するための顕微鏡観察手法と、イメージング解析ソフトを用いた定量化手法を開発した。その結果、重力屈性応答時に根端の細胞伸長の位置がシフトすることを示唆する結果が得られた。

根冠細胞の動態観察により、新たな細胞層を生み出す始原細胞の分裂と最外層の脱離のタイミングを協調的に制御する機構の存在が示唆された。また、生きた細胞を剥離させる細胞壁分解酵素の時空間的発現パターンと、それらを細胞外に分泌する経路の活性化が、共通した経路で制御されている可能性が示唆された。

顕微鏡の観察像を触覚にフィードバックする指先装着型顕微鏡や、細胞分裂を音声に変換するシステムが開発された。

7. キーワード

根 器官成長 根冠 周期性 細胞動態

8. 現在までの進捗状況

区分 (2) おおむね順調に進展している。

理由
本年度の研究により、シロイヌナズナの根端における細胞分裂動態を網羅的に記録し、これを定量化するための技術が確立され、従来の方では見出すことができなかった細胞群の分裂の協調性を明らかにすることが出来た。また植物の重力屈性応答について、これまでの観察では見出されていなかった細胞伸長動態の変化を示唆するデータを得ることが出来た。根冠細胞の動態においては、新たな顕微鏡システムの確立と利用により、遺伝子やタンパク質の発現変化を細胞やオルガネラの動態変化にリンクさせることが可能になった。人間拡張工学と植物科学の融合を進め、細胞分裂の可聴化システムや指先装着型顕微鏡などのユニークなツールを開発することが出来た。

3版

9. 今後の研究の推進方策

スピニングディスク共焦点ユニットを装着した水平光軸型動物トラッキング顕微鏡システムを活用し、根端メリステムにおける複数の皮層細胞列について細胞分裂動態のタイムラプスデータを収集する。得られた4次元イメージングデータから、機械学習を用いて細胞分裂イベントを自動的に抽出するための画像処理技術の開発を進める。

重力屈性応答時の細胞動態を精密に解析するため、細胞核の位置をトラッキングし、細胞の位置と伸長度を定量化する手法を開発する。これを用いて野生型および変異体植物における重力屈性応答時の細胞伸長動態を比較する。

根冠の細胞新生と剥離動態の関係を明らかにするため、始原細胞の分裂を誘導的に操作できる植物ラインを作成する。これを用いて根冠の細胞新生の頻度を変化させ、これが細胞剥離の周期性に与える影響を解析する。

根冠細胞のターンオーバーにおけるオルガネラ動態を精密にイメージングし、分化転換時の細胞内部の動態を観察するとともに、それらのプロセスに関与することが予想される遺伝子群の機能解析と発現解析を行う。

10. 研究発表（令和元年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著論文 0件 / うちオープンアクセス 0件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Goh Tatsuaki, Toyokura Koichi, Yamaguchi Nobutoshi, Okamoto Yoshie, Uehara Takeo, Kaneko Shutaro, Takebayashi Yumiko, Kasahara Hiroyuki, Ikeyama Yoshifumi, Okushima Yoko, Nakajima Keiji, Mimura Tetsuro, Tasaka Masao, Fukaki Hidehiro | 4. 巻 224 |
| 2. 論文標題 Lateral root initiation requires the sequential induction of transcription factors LBD16 and PUCHI in Arabidopsis thaliana | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 New Phytologist | 6. 最初と最後の頁 749 ~ 760 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1111/nph.16065 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

| | |
|--|-----------------------|
| 1. 著者名 中島敬二 | 4. 巻 54 |
| 2. 論文標題 根冠組織の発生と生理機能の制御機構 | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 植物の生長調節 | 6. 最初と最後の頁 119-128 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） なし | 査読の有無 無 |
| オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難 | 国際共著 - |

〔学会発表〕 計6件（うち招待講演 1件 / うち国際学会 0件）

| |
|--|
| 1. 発表者名 宮島俊介、藤原基洋、藤本仰一、中島敬二 |
| 2. 発表標題 維管束の側方成長と組織パターンを統合する細胞間相互作用 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第83回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|--------------------------------------|
| 1. 発表者名 郷達明、阪本薫、中島敬二 |
| 2. 発表標題 根冠最外層の成熟と剥離におけるオートファジーの役割 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第83回大会 |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 中島敬二、阪本薫、飯田誠也、小堤彩水、松田隆、上野皓輝、小園紗希、安藤隆之介、古川明日香、神谷雅子、宮島俊介、郷達明 |
| 2. 発表標題 シロイヌナズナの根冠分化における非対称性と非連続性の表出機構 |
| 3. 学会等名 日本植物学会第83回大会（招待講演） |
| 4. 発表年 2019年 |

| |
|---|
| 1. 発表者名 Shunsuke Miyashima, Kei Hiruma, Keiji Nakajima |
| 2. 発表標題 Root cap morphogenesis and function in the immune system |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

| |
|--|
| 1. 発表者名 Tatsuaki Goh, Kaoru Sakamoto, Shunsuke Miyashima, Keiji Nakajima |
| 2. 発表標題 Periodic cellular behaviors during root cap maturation and detachment |
| 3. 学会等名 第61回日本植物生理学会年会 |
| 4. 発表年 2020年 |

3版

| |
|---|
| 1. 発表者名 Obushi, N., Wakisaka, S., Kasahara, S., Hiyama, A., and Inami, M. |
| 2. 発表標題 MagniFinger: magnified perception by a fingertip probe microscope. |
| 3. 学会等名 SIGGRAPH 2019 Emerging Technologies |
| 4. 発表年 2019年 |

〔図書〕 計0件

1 1. 研究成果による産業財産権の出願・取得状況

計0件（うち出願0件 / うち取得0件）

1 2. 科研費を使用して開催した国際研究集会

計0件

1 3. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

-

1 4. 備考

根冠組織の不思議なはたらき
https://bsw3.naist.jp/nakajima/research_top/root_cap.html
Unique functions of root cap cells
https://bsw3.naist.jp/nakajima/English/cn5/root_cap_EN.html
MagniFinger
<https://star.rcast.u-tokyo.ac.jp/magnifinger/>