

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）

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

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 18H05489

3. 研究課題名 細胞壁の特殊化から読み解く植物の力学的最適化戦略

4. 研究期間 平成30年度～令和4年度 5. 領域番号・区分 8005 計画研究

6. 研究実績の概要

(1) 構造力学的アプローチによる細胞壁マイクロドメイン化メカニズムの解明 植物細胞の機械的強度や物理的特性の変化の計測に向けて、AFMによる解析システムを確立した。シロイヌナズナ道管細胞分化誘導系を材料に、原形質分離を誘導した際の二次壁沈着のパターン変化を追跡し、同系へのAFM解析システムの最適化を進めた。細胞壁マイクロドメイン化に関する新規因子の単離に向けて、順遺伝学解析とケミカルバイオロジー解析を進めた。

(2) 重力屈性・あて材形成に見る力学的最適化戦略の解明 シロイヌナズナ花茎重力屈性に関して、Image JおよびKymoRod（MATLABプラグイン）による画像データ解析を行い、花茎屈曲動態の定量的特徴因子の抽出系を確立した。さらに数理モデルとの組み合わせにより、重力屈性動態を説明出来るパラメーターの算出に成功した。シロイヌナズナ細胞壁改変ライブリを用いて花茎重力屈性における細胞壁の役割を検討した。上記の解析系を用いた花茎重力屈性試験の結果、花茎細胞壁の特徴が屈曲開始後の花茎の立ち上がりや屈曲時間に影響することを明らかにした。

(3) 植物器官新生における細胞壁の可塑的制御による力学的最適化の解明 マイクロフォーカスX線CTによる植物器官・組織の内部構造解析法を確立し、シロイヌナズナ花茎の維管束構造の可視化に成功した。アメリカナシカズラのin vitro吸器誘導系を確立した。さらにこの系を用いて、吸器の維管束新生制御に関わる細胞壁関連因子の同定に成功した。

7. キーワード

原子間力顕微鏡 細胞壁パターン 重力屈性 マイクロフォーカスX線CT 数理モデル アメリカナシカズラ

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

(1) 構造力学的アプローチによる細胞壁マイクロドメイン化メカニズムの解明 今後の研究に必須のAFMによる微小力学解析システムが確立できた。シロイヌナズナ道管細胞分化誘導系における原形質分離誘導後の二次壁沈着パターン変化の追跡に成功した。細胞壁マイクロドメイン化に関する順遺伝学解析とケミカルバイオロジー解析が進展した。

(2) 重力屈性・あて材形成に見る力学的最適化戦略の解明 シロイヌナズナ花茎重力屈性の画像データ解析から数理モデルに研究が発展し、重力屈性動態に関する新規パラメーターを見いだした。これをもとに、花茎細胞壁特徴の花茎屈曲開始後の屈曲動態への影響の解析が可能となった。

(3) 植物器官新生における細胞壁の可塑的制御による力学的最適化の解明 マイクロフォーカスX線CT解析法が確立した。アメリカナシカズラの吸器誘導時の維管束新生制御に関わる細胞壁関連因子を新規に見いだした。

9. 今後の研究の推進方策

引き続き、細胞壁の特殊化を構造力学的に読み解くことで、サステナブル構造システムモデルに投影可能な植物の力学的最適化戦略を抽出する
 (1) 構造力学的アプローチによる細胞壁マイクロドメイン化メカニズムの解明 道管細胞分化の人為的誘導系を用いて、二次細胞壁沈着過程における細胞の機械的強度や物理的特性の変化を詳細に解析する。隣り合った道管が二次細胞壁沈着の位置を同調させる構造力学的プロセスを記述するために、原形質分離形を中心に画像解析・シミュレーションを進める。さらに、外部からの力学刺激によって二次細胞壁形成を擾乱する新規実験系の確立を目指す。
 (2) 重力屈性・あて材形成に見る力学的最適化戦略の解明 重力屈性とあて材形成の過程の構造力学的理解のために、ユーカリ側枝などを材料に非接触型3次元画像・組織構造・力学特性データを時系列で取得し、4D構造システムをシミュレーションする。さらに組織・細胞レベルの高解像度トランスクリプトーム解析システムの構築を進める。
 (3) 植物器官新生における細胞壁の可塑的制御による力学的最適化の解明 細胞張力測定系の構築を目標とする。

10. 研究発表（令和元年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計6件（うち査読付論文 6件 / うち国際共著論文 1件 / うちオープンアクセス 3件）

| | |
|--|-------------------------|
| 1. 著者名 Chiam Nyet-Cheng、Fujimura Tomoyo、Sano Ryosuke、Akiyoshi Nobuhiro、Hiroyama Ryoko、Watanabe Yuichiro、Motose Hiroyasu、Demura Taku、Ohtani Misato | 4. 卷 60 |
| 2. 論文標題 Nonsense-Mediated mRNA Decay Deficiency Affects the Auxin Response and Shoot Regeneration in <i>Arabidopsis</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Plant and Cell Physiology | 6. 最初と最後の頁 2000～2014 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1093/pcp/pcz154 | 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 Hirai Risaku、Higaki Takumi、Takenaka Yuto、Sakamoto Yuki、Hasegawa Junko、Matsunaga Sachihiro、Demura Taku、Ohtani Misato | 4. 卷 9 |
| 2. 論文標題 The Progression of Xylem Vessel Cell Differentiation is Dependent on the Activity Level of VND7 in <i>Arabidopsis thaliana</i> | 5. 発行年 2019年 |
| 3. 雑誌名 Plants | 6. 最初と最後の頁 39～39 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3390/plants9010039 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|---|-------------------|
| 1. 著者名 Kaga Yuki、Yokoyama Ryusuke、Sano Ryosuke、Ohtani Misato、Demura Taku、Kuroha Takeshi、Shinohara Naoki、Nishitani Kazuhiko | 4. 卷 11 |
| 2. 論文標題 Interspecific Signaling Between the Parasitic Plant and the Host Plants Regulate Xylem Vessel Cell Differentiation in Haustoria of <i>Cuscuta campestris</i> | 5. 発行年 2020年 |
| 3. 雑誌名 Frontiers in Plant Science | 6. 最初と最後の頁 193 |
| 掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.3389/fpls.2020.00193 | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である） | 国際共著 - |

| | |
|--|--------------------|
| 1.著者名 Rukmana Taufiq Indra、Moran Gabriela、Meallet-Renault Rachel、Ohtani Misato、Demura Taku、Yasukuni Ryohei、Hosokawa Yoichiroh | 4.巻 9 |
| 2.論文標題 Enzyme-Assisted Photoinjection of Megadalton Molecules into Intact Plant Cells Using Femtosecond Laser Amplifier | 5.発行年 2019年 |
| 3.雑誌名 Scientific Reports | 6.最初と最後の頁 17530 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s41598-019-54124-y | 査読の有無 有 |
| オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である) | 国際共著 - |

| | |
|--|----------------------|
| 1.著者名 Kunieda Tadashi、Hara-Nishimura Ikuko、Demura Taku、Haughn George W | 4.巻 61 |
| 2.論文標題 Arabidopsis FLYING SAUCER 2 Functions Redundantly with FLY1 to Establish Normal Seed Coat Mucilage | 5.発行年 2019年 |
| 3.雑誌名 Plant and Cell Physiology | 6.最初と最後の頁 308~317 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/pcp/pcz195 | 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 該当する |

| | |
|--|----------------------|
| 1.著者名 Tamura Taizo、Endo Hitoshi、Suzuki Atsunobu、Sato Yutaka、Kato Ko、Ohtani Misato、Yamaguchi Masatoshi、Demura Taku | 4.巻 100 |
| 2.論文標題 Affinity based high resolution analysis of DNA binding by VASCULAR RELATED NAC DOMAIN7 via fluorescence correlation spectroscopy | 5.発行年 2019年 |
| 3.雑誌名 The Plant Journal | 6.最初と最後の頁 298~313 |
| 掲載論文のDOI(デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/tpj.14443 | 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 - |

〔学会発表〕 計10件(うち招待講演 3件 / うち国際学会 6件)

| |
|---|
| 1.発表者名 Julian Chris Galvez, Kunieda Tadashi, Ryosuke Sano, Minoru Kubo, Ryuichi Nishihama, Takayuki Kohchi and Taku Demura |
| 2.発表標題 Functional Analysis of the <i>Marchantia polymorpha</i> VNS Gene |
| 3.学会等名 Marchantia Workshop 2019(国際学会) |
| 4.発表年 2019年 |

1版

1. 発表者名

Taku Demura

2. 発表標題

Functional Conservation of VNS NAC Transcription Factors That Regulate Cell Wall Formation and Programmed Cell Death in Land Plants

3. 学会等名

Marchantia Workshop 2019 (招待講演) (国際学会)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

Taku Demura

2. 発表標題

Functional Analysis of Polygalacturonases During Water-Conducting Cell Formation Required for Plant Adaptation to Land

3. 学会等名

Carbohydrate-Active Enzymes for Glycan Conversions (Gordon Research Conference) (招待講演) (国際学会)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

Nobuhiro Akiyoshi, Taizo Tamura, Misato Ohtani and Taku Demura

2. 発表標題

EVOLUTIONAL CHANGES IN CIS-ELEMENT BINDING AFFINITY OF VNS FAMILY TRANSCRIPTION FACTORS, MASTER REGULATORS OF SECONDARY CELL WALL FORMATION

3. 学会等名

XV Cell Wall Meeting (国際学会)

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

秋田絵理, 竹林竜, 岡野和宣, Yalikun Yaxiaer, 岸田佳祐, 國枝正, 大谷美沙都, 出村拓, 澤進一郎 and 細川 陽一郎

2. 発表標題

ガラス製マイクロデバイスを用いた植物組織のAFM力学計測

3. 学会等名

第80回応用物理学会秋季学術講演会

4. 発表年

2019年

1. 発表者名

神田哲大, 津川暁, 中村守貴, 森田美代, 大谷美沙都 and 出村拓

2. 発表標題

シロイヌナズナ花茎重力屈性の力学的特性解明

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

地福海月, 國枝正, George W. Haughn, 西村いくこ and 出村拓

2. 発表標題

木部道管細胞分化におけるユビキチンE3リガーゼFLYの発現制御機構の解析

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

岸田佳祐, 國枝正, 細川陽一郎 and 出村拓

2. 発表標題

VND7木部道管細胞誘導系を用いたシロイヌナズナの二次細胞壁パターン形成制御の解析

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

Yuma Ueda, T. I. Rukmana, Kunieda Tadashi, Misato Ohtani, Taku Demura, Ryohei Yasukuni and Yoichiroh Hosokawa

2. 発表標題

Target introduction of DNA like large polysaccharide into plant cells by femtosecond laser photoporation

3. 学会等名

2020年台湾物理年会(国際学会)

4. 発表年

2019年

| |
|--|
| 1. 発表者名 Misato Ohtani, Norihiro Kanda, Takuya Tokumoto, Lorenz Gerber, Satoru Tsugawa, Moritaka Nakamura, Miyo T. Morita, Taku Demura |
| 2. 発表標題 Influence of cell wall composition toward mechanical property during gravitropism of <i>Arabidopsis</i> inflorescence stems |
| 3. 学会等名 第 42 回日本分子生物学会年会（招待講演）（国際学会） |
| 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

〔国際研究集会〕 計2件

| | |
|---|--------------|
| 国際研究集会 France-Japan Plant Cell Wall Workshop "Pectin Lovers Meeting" | 開催年 2019年 |
| 国際研究集会 第 42 回日本分子生物学会年会Symposium: Functions and Mechanisms of Force in Animal and Plant Live | 開催年 2019年 |

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

| 共同研究相手国 | 相手方研究機関 | | | |
|---------|----------------|---------|-------------|---|
| カナダ | ブリティッシュコロンビア大学 | - | - | - |
| フランス | CNRS | - | - | - |
| 米国 | ペンシルバニア州立大学 | ジョージア大学 | カリフォルニア工科大学 | - |
| 中国 | 浙江農林大学 | 中国林業科学院 | - | - |
| ドイツ | MPI | - | - | - |
| - | | | | |

1 4. 備考

-