

様式 F - 7 - 1

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）実施状況報告書（研究実施状況報告書）（令和2年度）

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	特任助教		
	氏名	津川 暁		

1. 研究種目名 若手研究 2. 課題番号 20K15832

3. 研究課題名 植物重力屈性の力学的仕組みの解明

4. 補助事業期間 令和2年度～令和5年度

5. 研究実績の概要

今年度は、シロイヌナズナ花茎の重力屈性挙動について研究し、その成果を論文として発表した。今年度の助成金は、研究成果論文の雑誌掲載費と文献購入費に充てた。

- 一報目の論文はPlant Biotechnology誌の特集号に掲載された。本論文では、野生型シロイヌナズナ花茎の重力屈性を理解するために、シロイヌナズナ花茎が水平に倒れた状態から上方に起き上がる挙動をタイムラプス動画で撮影した。得られた動画に対して画像データ解析を適用し、花茎のどの部分がいつ曲がり始めるかを定量的に分析したところ、約50分後に花茎先端付近から曲がり始め、約100分後には花茎中心部に曲がり位置が移動することを確認できた。この定性的な観測を屈曲に異常がある変異体と比較するために、野生型において曲がり始め時間や曲がり位置を定量的に特徴づける方法を提案している。また、実際の屈曲挙動を模倣する1次元弾性体による数理モデルを構築し、植物の屈曲挙動を力学的に理解する方法論を確立した。
- 二報目の論文はQuantitative Plant Biology誌に掲載された。本論文では、上記で得られた画像データ解析手法を適用し、野生型シロイヌナズナと屈曲が遅くなる変異体の屈曲挙動の違いを明らかにしている。特に花茎の曲がり具合を示す最大曲率が野生型の方が明確に高くなることを定量的に示した。また、本研究で画像データ結果と数理モデル結果を照合・比較する従来にない研究手法を確立し、花茎のどの部分がいつ曲がるかを力学的に検証する基礎的な方法を確立した。分析の結果、野生型花茎が変異体花茎に比べてより強い偏差成長を発揮することで、変異体よりも早く花茎を曲げていることを明らかにした。
- 他二報の論文は、上記研究を発展させたアサガオ花弁の座屈の研究と花茎屈曲を定量的に分析する実験改良の研究であり、今後の学術連携促進が期待される。

6. キーワード

植物成長 重力屈性 弾性体力学 画像解析 数理モデル

7. 現在までの進捗状況

区分 (1) 当初の計画以上に進展している。

理由
当初は前半の2年間で画像データ解析によるデータ駆動型研究と1次元弾性体モデルによるモデル駆動型研究を達成する予定であったが、およそ1年で両者の方法を確立することができた。また、本研究をきっかけに重力屈性に付随する姿勢制御に関する新しい実験や植物内の水流を測定する実験を駆動し、発展的に研究が推進している。さらに植物学領域を超えて建築学領域でも連携が進み、植物体の力学を応用した新規の曲がり材料を建築学会で提案するなど、幅広い研究展開が進んでいる。

2 版

8. 今後の研究の推進方策

予定していた前半残りの1年では、本研究をさらに発展させ、植物重力屈性中の姿勢制御の役割と、重力屈性と光屈性が複合した際の力学的仕組みを明らかにすることで、当初の問いである「重力屈性の最中に組織の力学がどうなっているか」を解明するための方法論の改良や工夫について検討する。今後は後半2年間で予定している、デジタル画像相関法や有限要素法的手法による2次元的な屈曲挙動の解明を念頭に置きながら、前半2年間で確立した1次元的な分析手法の課題として挙げた姿勢制御問題と光屈性・重力屈性の複合問題について応用し、前年度に確立した手法の性能を上げることを計画している。

9. 次年度使用が生じた理由と使用計画

初年度に数値計算用ワークステーション1,250千円を購入予定だったが、新型コロナウイルス感染症の影響で在宅勤務が多かったため、使用に制限があると考え、購入を見合わせた。次年度にワークステーションを購入予定である。

10. 研究発表（令和2年度の研究成果）

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件/うち国際共著 0件/うちオープンアクセス 4件）

1. 著者名 Satoru Tsugawa, Norihiro Kanda, Moritaka Nakamura, Tatsuaki Goh, Misato Ohtani, Taku Demura	4. 巻 37
2. 論文標題 Spatio-temporal kinematic analysis of shoot gravitropism in Arabidopsis thaliana	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 443-450
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.5511/plantbiotechnology.20.0708a	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 Satoru Tsugawa, Tomohiko G. Sano, Hiroyuki Shima, Miyo Terao Morita and Taku Demura	4. 巻 1
2. 論文標題 A mathematical model explores the contributions of bending and stretching forces to shoot gravitropism in Arabidopsis	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Quantitative Plant Biology	6. 最初と最後の頁 E4
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1017/qpb.2020.5	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 Akira Watanabe, Ashiqur Rahman, Kazuhiko Nishitani, Rie Yamada, Mariko Takahashi, Satoru Tsugawa, Taku Demura	4. 巻 37
2. 論文標題 Laser micromarking technique in studying the negative gravitropism in pea stem	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Plant Biotechnology	6. 最初と最後の頁 485-488
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.5511/plantbiotechnology.20.0923a	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 Ayaka Shimoki, Satoru Tsugawa, Keiichiro Ohashi, Masahito Toda, Akiteru Maeno, Tomoaki Sakamoto, Seisuke Kimura, Takashi Nobusawa, Mika Nagao, Eiji Nitasaka, Taku Demura, Kiyotaka Okada, Seiji Takeda	4. 巻 4
2. 論文標題 Reduction in organ-organ friction is critical for corolla elongation in morning glory	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Communications Biology	6. 最初と最後の頁 285
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1038/s42003-021-01814-x	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 -

〔学会発表〕 計2件(うち招待講演 2件/うち国際学会 0件)

1. 発表者名 津川暁, 佐野友彦, 島弘幸, 森田(寺尾)美代, 出村拓
2. 発表標題 シロイヌナズナ花茎重力屈性の数理モデル解析
3. 学会等名 第84回植物学会(招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 津川暁
2. 発表標題 植物の形と動きの定量化の先のモデル化の試み
3. 学会等名 MIMS研究集会(招待講演)
4. 発表年 2020年

【研究代表者・所属研究機関控】

日本学術振興会に紙媒体で提出する必要はありません。

2 版

〔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

-