

|                                                                                  |        |                                                    |                    |
|----------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------------------------------------|--------------------|
|  | 研究代表者  | 基礎生物学研究所・植物環境応答研究部門・教授<br>森田 美代（もりた みよ）            | 研究者番号：10314535     |
|                                                                                  | 研究課題情報 | 課題番号：26A304<br>キーワード：植物運動、環境応答、センサ、アクチュエータ、運動モデリング | 研究期間：2026年度～2030年度 |

## なぜこの研究を行おうと思ったのか（研究の背景・目的）

### ●研究の全体像

運動は生物の生存に不可欠な機能である。動物が筋肉や神経を使って個体そのものを移動させるのに対し、土に根を張る植物は、動物とは全く異なる仕組みで根や茎などの器官を動かす「運動」を行う。植物において独自に進化した様々な運動のうち、光や重力などの環境刺激に応じて器官を曲げることで、成長や生理機能を最適化させる「屈性運動」は古くから研究されており、植物ホルモン「オーキシン」の不均等な分布によって器官の屈曲が説明されてきた（図1、図2）。しかし、環境情報を細胞がどう受け取り、どのように器官全体に情報を伝達し、固い細胞壁で連結された器官を屈曲させることができるのか、という肝心の作動メカニズムは未解明のままである。

本領域は、重力屈性を代表的な運動モデルとし、細胞内の「オルガネラ（細胞小器官）」が駆動する「センサ（計測器）」と、オルガネラ、細胞骨格、細胞壁などによって構成される「細胞アクチュエータ（駆動装置）」の連携として捉え直す（図3）。数理生物学、生物物理学、機械工学と密に連携して融合研究を展開し、分子から器官までの異なるスケールを横断的に統合することで、植物特有の運動原理を解明し、生物界における運動の概念を革新することを目指す。

### ●屈性運動を情報伝達によって連結されるセンサと細胞アクチュエータの統合機構と捉え直す

本領域で取り扱う植物運動の代表例である重力屈性では、根の先端にある特定の細胞が重力の方向を感知するセンサとして働く。そこでは、デンプンを蓄えた重いオルガネラ「アミロプラスト」が重力方向に沈むことで、重力を測る「秤（はかり）」のような役割を果たす。センサで受容した重力情報は植物ホルモン「オーキシン」に加え、何らかの二次シグナルが関与する情報伝達機構により細胞アクチュエータへと伝えられる。

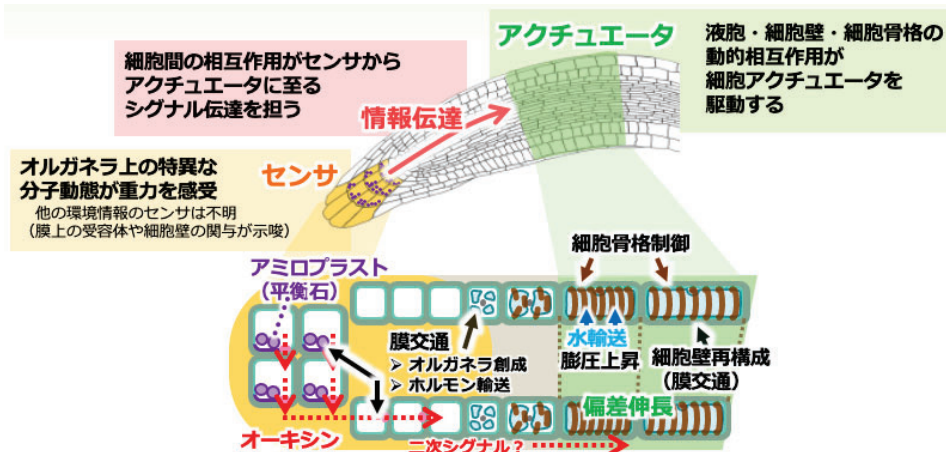


図2 本領域研究で扱う植物運動の代表例「重力屈性」の全体像

実際に曲がる力を生み出す細胞アクチュエータ側では、細胞内の「液胞」が水の出し入れを行って膨らむ力を調整したり、細胞骨格による調整を受けて細胞を囲む「細胞壁」の硬さを変化させたりすることで、細胞の形を自律的に変形させている。これらのプロセスは、数えきれないほどの細胞内部で起こる分子やオルガネラの緻密な動きに支えられている。さらに、細胞壁で連結された細胞・組織で生じる物理的な力により器官屈曲が制御されると考えられる。しかし、従来の技術ではこれらを同時に精密に捉え、統合して器官運動を理解することが困難だった。そこで本領域では、最先端のイメージング技術や数理モデル、さらには微小な機械で細胞を操作するロボティクス技術を融合させ、この「ブラックボックス」となっていた作動機構・統御機構を明らかにする。

## この研究によって何をどこまで明らかにしようとしているのか

### センサとアクチュエータの作動原理と器官運動の統御機構を解析し、植物器官運動の全容を明らかにする

本領域では、重力屈性をモデルとして植物の運動を実現するセンサやアクチュエータ、およびそれらの連関を分子やオルガネラのレベルから解き明かす（図3）。また、光、水分、機械刺激など、多様な外的刺激に誘導される屈性運動や、葉や花弁等の開閉運動などの傾性、器官の回旋運動をはじめとした自発的運動など、多様な植物運動を対象とする研究を領域研究として推進し、植物運動の多様性や共通原理を追究する。以下の3つの項目に複数の研究班を配置し、項目と研究班を跨いだ密接な連携により植物器官運動の全容を明らかにする。

1. **環境センサと情報伝達**：屈性に特徴的な環境刺激の方向性の感知や、その他の運動を惹起する環境刺激の受容機構、およびそれらの情報伝達機構を明らかにする。
2. **細胞アクチュエータの駆動機構**：液胞や細胞壁、細胞骨格がどのように相互作用して細胞の形を変えるのか、その駆動要素を特定する。
3. **スケールと分野を超える運動統御機構**：得られたミクロなデータを理論研究で統合し、個々の細胞の変形が集まって器官全体の大きな曲がりを生み出すプロセスを再現・予測する。

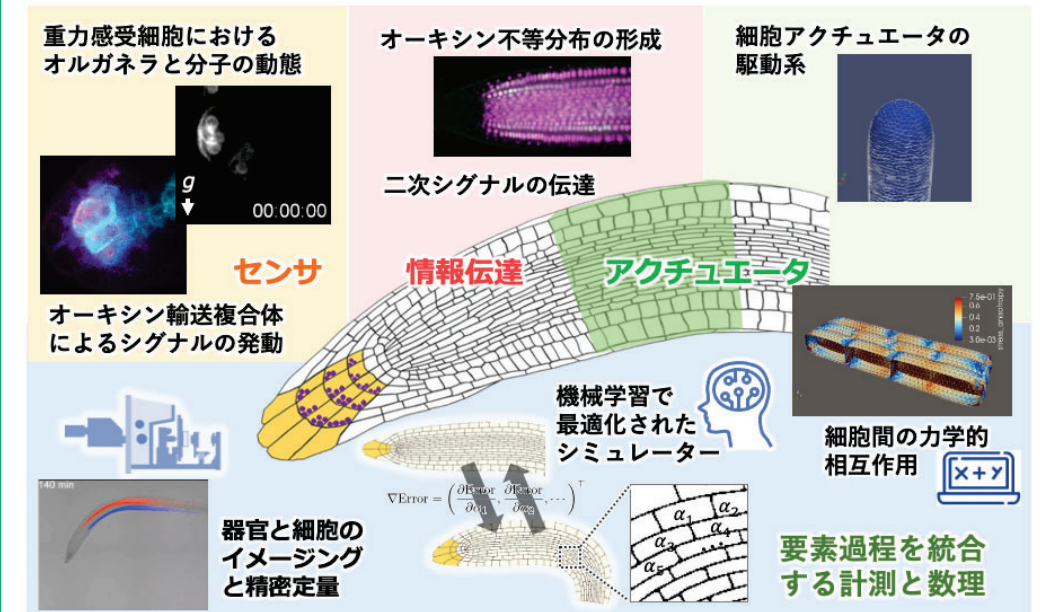


図3 分子から器官に至るクロススケールな運動原理を解明する