

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 植物の力学的最適化戦略に基づく サステナブル構造システムの基盤創成

奈良先端科学技術大学院大学・先端科学技術研究科・教授

でむら たく
出村 拓

研究課題番号：18H05484 研究者番号：40272009

【本領域の目的】

全地球レベルでの環境問題や人口問題の深刻化が進む現在、サステナブル（持続可能）な社会の構築の取組が加速化している。その中でも、安全性と機能が保障され、周辺環境と調和したサステナブル生活空間の実現は最重要項目の一つであり、ものづくりや建築設計、まちづくりの現場においても、様々な角度からの模索が始まっている。

その一つが、材料科学や空間構造学といった理工学の分野における、生物模倣技術の開発研究（いわゆる「バイオミクリー」「バイオメティクス」）による持続可能なデザインの創造である。近年は特に、生物の技術体系が持つ低環境負荷性かつ環境調和性に注目が集まっており、より幅広いスケールでの生物模倣の試みが始まっている。一方で、植物細胞壁に関する近年の研究から、植物は、多様な環境因子に応答して自律的に力学的最適解を得る、優れた構造システムであることが実証されつつある。

以上を背景として、本領域では、植物の力学的最適化の実際を、分子、細胞、組織、個体といったマルチスケールで理工学的に読み解くことを目的とする。さらには、植物の力学的最適化戦略を新規の省エネルギー・省部材の建築設計や新材料モデルに昇華させ、次世代型の真のサステナブル構造システムの基盤を創成することを目指す（図1）。



図1 本領域の研究戦略と期待される成果

【本領域の内容】

本領域では、植物の営む諸現象に潜む「力学的最適化戦略」に立脚した、新たな建築構造システム原理の基盤創出を行う。このためにA01からA03の三つの研究項目を設定する。研究項目A01「システム」では、器官から個体スケールでの力学現象（「重力屈性における姿勢制御」や「環境応答に伴う形態形成」）の理解、及び、そこからの新たな「建築システム」の提案を、研究項目A02「モジュール」では、細胞

から組織スケールの力学現象（「細胞壁の部分的な強化」や「細胞配置による力学的安定性」）の理解、及び、建築における「モジュール（積層工法におけるブロックなど）」の新規デザインを、研究項目A03「ユニット」では、サブ細胞スケール（「細胞壁」、「液胞」、「細胞骨格」、「膜構造」など）の力学的特性の解析、及び、建築における「ユニット（建築部品や部材など）」の開発を、それぞれ行う。

【期待される成果と意義】

期待される最大の成果の一つは、植物の力学的最適化戦略に基づいた新規の構造システムモデルの提出である。また、植物細胞壁の可塑性と物性が生み出す構造力学的特徴の知見を活かし、次世代型材料モデルを構築する。さらには、生物の生存戦略、特に内外環境と調和しながら自らを安定的に成長させるための基本動作原理の一つに「力学的最適化」を加えることとなり、生物学の基本原理を書き換えることも期待される。

また、本領域が将来的に見据えるのは持続可能な社会構築に直接的に貢献し得る新たな科学分野の創成である。本領域の学術的成果となる新規の空間構造システムモデルは、将来的には社会実装技術へとリレーし、特に日本という国土固有の様々な環境因子（地震や台風、四季の温度差など）に調和したサステナブル建築への展開を想定している。さらには、植物の環境応答能のデザインや、植物の高機能化など、地球環境変動に耐え得る植物の創出やバイオマスの改良といった点からも、持続可能な低炭素社会の発展や食糧増産に寄与する次世代バイオ基盤技術の確立への貢献が期待される。

【キーワード】

力学的最適化：生物が発生や環境応答の過程で自らの身体構造を力学的に最適な形へと変化させること。生体分子、細胞、組織、個体など、様々なスケールでの力学的最適化が想定される。
サステナブル構造システム：資源・エネルギーの枯渇や絶え間ない環境変化の中でも高い持続可能性を持つ空間構造のこと。

【研究期間と研究経費】

平成30年度～34年度
1,180,500千円

【ホームページ等】

<http://bsw3.naist.jp/plant-structure-opt/>

【Grant - in - Aid for Scientific Research on Innovative Areas(Research in a proposed research area)】
Interdisciplinary Area



Title of Project : Elucidation of the strategies of mechanical optimization in plants toward the establishment of the bases for sustainable structure system

Taku Demura
(Nara Institute of Science and Technology, Graduate School of Science and Technology, Professor)

Research Project Number : 18H05484 Researcher Number : 40272009

【Purpose of the Research Project】

As environmental and population issues are worsening at the global level, efforts to build up a sustainable society are accelerating. The creation of a sustainable living space, in harmony with the surrounding environment, is one of society's most important endeavors, even in the fields of manufacturing, architectural design, and urban planning.

In recent years, approaches in engineering using biomimetics have been pursued. Additionally, studies on plant cell walls have demonstrated that plants are excellent structural systems that autonomously optimize their mechanical properties in response to various environmental factors.

Based on the above background, this research project aims to understand the mechanical optimization of plants on a multi-scale (molecular, cellular, tissue, and individual) level. Also, we aim to sublimate the mechanical optimization strategy of plants into new energy-saving / material-saving building designs, new material models, and to create a base for the next-generation of sustainable structural systems (Figure 1).

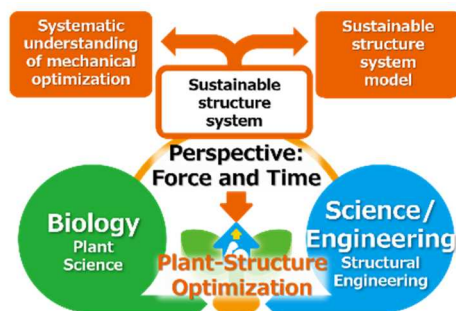


Figure 1. Research strategy and expected achievement

【Content of the Research Project】

In this area, we will create a foundation for a new principle of architectural structure system based on the “mechanical optimization strategies” hidden in various phenomena operated by plants. For this purpose, three research groups are set. Group A01 “System” will aim to understand the mechanical phenomenon at the organ-individual scale and will propose the new “building system”. Group A02 “Module” will elucidate the mechanical phenomenon on the cell-tissue scale and will provide new module designs. Group A03 “Unit” will analyze the mechanical properties on the subcellular scale and will develop units (building

materials) in construction.

【Expected Research Achievements and Scientific Significance】

One of the expected outcomes is the development of a new “structural system model” based on the mechanical optimization strategy of plants. We will thus utilize the knowledge of the structural-mechanical features that give plant cell walls their strength and plasticity to build up a next generation material model. It is also expected that “mechanical optimization” will be added to our knowledge of the growth strategies of plants, especially our insight into the fundamental principles for stable growth of organisms in harmony with the internal and external environments, which may rewrite the basic principles of biology. In addition, this research area is looking forward to the creation of a new scientific field that can directly contribute to the construction of a sustainable society. The academic achievement of this area will be relayed to social implementation technologies in the future. Particularly, we are expecting sustainable construction in harmony with various environmental factors unique to this country (earthquake, typhoon, temperature difference of the four seasons, etc.).

Furthermore, this research will contribute to the establishment of next-generation bio-based technologies, through the engineering of the functionalization of plant and their capabilities to respond to environmental stresses, thus generating plants that can withstand global environmental changes.

【Key Words】

Mechanical optimization: To change the body structure of living organisms into a mechanically optimized form during development and environmental response.

Sustainable structural system: A space structure with high sustainability even in exhaustion of resources and energy with constant changes in the environment.

【Term of Project】 FY2018-2022

【Budget Allocation】 1,180,500 Thousand Yen

【Homepage Address and Other Contact Information】

<http://bsw3.naist.jp/plant-structure-opt/>