

令和元年6月10日現在

機関番号：10101

研究種目：国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）

研究期間：2016～2018

課題番号：15KK0220

研究課題名（和文）ナノ技術および生物科学の積極導入による新しい多重機能型構造システムの研究開発（国際共同研究強化）

研究課題名（英文）Research and development of new structural system with multiple functions by (Fostering Joint International Research)

研究代表者

佐藤 太裕 (Sato, Motohiro)

北海道大学・工学研究院・准教授

研究者番号：00344482

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 8,600,000円

渡航期間： 6ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究はナノ技術および生物科学的知見を積極的に導入することにより、既存の概念にとらわれない卓越した多重機能を有する構造材料、構造システムの提案を行うことを大きな目的とする基盤研究（B）「ナノ技術および生物科学の積極導入による新しい多重機能型構造システムの研究開発」を基課題として実施されたものである。  
この研究課題を強力に推進するために、初年度には韓国仁川大学、第二年度には英国ケンブリッジ大学にそれぞれ3カ月間滞在し、当地の研究協力者らと国際共同研究を実施した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

研究期間中に実施した研究内容のうち、竹の生物形態模倣に関わる新しい発見が、科学雑誌Newton2017年8月号に世界の注目される科学研究の一つとして、Science Sensor欄の記事として取り上げられた。さらに初年度仁川大学滞在時に投稿した論文「竹の節・組織構造が織り成す円筒体としての合理的な構造特性の理論的解明」が土木学会論文賞を受賞するなど、国内外で大きなインパクト、評価を得ることができた。

研究成果の概要（英文）：This study is the joint international research to propose new structural systems with multiple functions by introducing nanotechnology and bioscience. To achieve the purpose of this study, I stayed in Incheon National University (Korea, in 2016, for three months) and University of Cambridge (UK, in 2016, for three months).

研究分野：構造力学、応用力学

キーワード：ナノ技術 生物形態模倣技術

## 1. 研究開始当初の背景

研究開始当初採択されていた基盤研究(B)「ナノ技術および生物科学の積極導入による新しい多重機能型構造システムの研究開発」で目指すべき「合理的な構造形態とは何か?」という本質的な学術的問いに対し、その答えの一端を新しい国内外異分野連携により見出すことが必要であり、様々な研究者との連携を模索していた。

## 2. 研究の目的

本研究は、過酷な環境下にさらされる構造物に用いられる既存の構造材料、複合構造の概念を大きく覆す、「ナノテクおよび生物科学(生物形態の最適模倣技術)の知見を積極的に活用した新しい発想に基づく新しい次世代型構造システム」の研究開発を究極の目標として構想された基盤研究(B)を基課題とし、それを国際共同研究として飛躍的に発展させることを目的としたものである。

## 3. 研究の方法

本研究では、ナノ技術および生物科学に関わる国内の異分野研究者との連携とともに、海外での有機的な研究者の交流による基課題の目的を高い次元で達成するべく研究計画を構築した。具体的には、初年度となる平成28年度に6月から9月まで韓国仁川大学に Visiting Professor として、第二年度となる平成29年度は、6月から9月まで英国ケンブリッジ大学に Visiting Academic Fellow として滞在し、現地の研究者と国際共同研究を実施した。本研究は現地にて、基課題である基盤研究(B)「ナノ技術および生物科学の積極導入による新しい多重機能型構造システムの研究開発」に加え、同時期に研究代表者として実施していた挑戦的萌芽研究「自然界における周期性の自発的パターン形成機構解明と社会システム設計への合理的応用」の内容も含めた形で国際共同研究体制の中でさらに強力に推し進めるべく実施されたものであり、ナノ技術および生物形態模倣技術、空間周期パターン形成に関わる構造力学的研究をはじめとする理論的な内容の複数テーマに取り組んだ。

## 4. 研究成果

初年度に滞在した仁川大学では、構造安定論に関する成果の一部を先方の研究者との国際共著論文として一編執筆、Journal of mechanics 誌に投稿し、すでに掲載されている。また現地で関連分野の国際学会にも参加し研究発表を行うとともに、基課題のもうひとつの柱であるナノ技術に関わる国際共同研究についても、現地国の別の研究者と議論することができた。この研究者とは9月の最終帰国後にも再度訪韓し将来的な協働体制について打ち合わせを実施するとともに、当地で招待講演者として招かれるなど、本研究により強固な国際ネットワークの構築を行うことができた。

また第二年度に滞在したケンブリッジ大学では、共同研究に加え、学内での特別講演(Engineering Department Structures Research Seminars)講師にも選出され、"Learning from bamboo: Plant-mimetic design toward less material & high-stiffness structure"と題する講演も行った。滞在期間中には PLOS ONE 誌に掲載された本共同研究の関連論文"Bamboo-inspired optimal design for functionally graded hollow cylinders"の内容が、科学雑誌 Newton2017年8月号に世界の注目される科学研究の一つとして、Science Sensor 欄の記事となった。さらに初年度仁川大学滞在時に投稿した論文が2018年に土木学会論文賞を受賞するなど、国内外で大きなインパクト、評価を得ることができた。

## 5. 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

### [雑誌論文](計13件)

Yoshitaka Umeno, Yu Yachi, Motohiro Sato, Hiroyuki Shima, On the atomistic energetics of carbon nanotube collapse from AIREBO potential, Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures, 査読有, Vol.106, pp.319-325, 2019.

<https://doi.org/10.1016/j.physe.2018.08.006>

小澤健吾, 鎌田弥成, 佐藤太裕, 島 弘幸, 梅野宜崇, 最外層に欠陥を有する多層カーボンナノチューブの多様な断面変形挙動, 土木学会北海道支部平成30年度年次技術研究発表論文報告集, 査読無, Vol.75, A-06\_01-02, 2019.

大谷祐貴, 亀山侑平, 宮川 奨, 島 弘幸, 井上昭夫, 佐藤太裕, 竹の維管束配列と曲げ応力の関係に関する理論的考察, 土木学会北海道支部平成30年度年次技術研究発表論文報告集, 査読無, Vol.75, A-07\_01-02, 2019.

橘 岳人, 佐藤太裕, 塔状構造物の限界高さに関する基礎的検討, 土木学会北海道支部平成30年度年次技術研究発表論文報告集, 査読無, Vol.75, A-08\_01-02, 2019.

松井力也, 佐藤太裕, 鄭 好, 小幡卓司, 中垣俊之、樹形の特性を記述する質点系動力学モデルの適用性について、土木学会北海道支部平成 30 年度年次技術研究発表論文報告集、査読無、Vol.75, A-17\_01-02, 2019.

Masanobu Sato, Hiroyuki Shima, Motohiro Sato, Y. Umeno, Axial buckling behavior of single-walled carbon nanotubes: Atomistic structural instability mode analysis, Physica E : Low-dimensional Systems and Nanostructures, 査読有, Vol.103, pp.130-142, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.physe.2018.05.035>

鎌田弥成, 谷内 湧, 佐藤太裕, 島 弘幸, 梅野宜崇、Stone-Wales 欠陥がカーボンナノチューブの断面座屈挙動に及ぼす影響について、計算工学講演会論文集、査読無、Vol. 23, B-02-04\_01-02, 2018.

Akio Inoue, Miyuki Shimada, Motohiro Sato, H. Shima, Estimation of culm reduction factors in five bamboo species (*Phyllostachys* spp.), Journal of Forestry Research, 査読有, (Online first article, <https://doi.org/10.1007/s11676-018-0767-6>)

Akio Inoue, Yoshiyuki Miyazaki, Motohiro Sato, Hiroyuki Shima, Allometric equations for predicting culm surface area in three bamboo species (*Phyllostachys* spp.), Forests, 査読有, Vol.9, pp.295\_1-295\_15, 2018.

10.3390/f9060295

Akio Inoue, Motohiro Sato, Hiroyuki Shima, Maximum size-density relationship in bamboo forests: case study of *Phyllostachys pubescens* forests in Japan, Forest Ecology and Management, 査読有, Vol.425, pp.138-144, 2018.

<https://doi.org/10.1016/j.foreco.2018.05.044>

谷内 湧, 梅野宜崇, 島 弘幸, 佐藤太裕、多層カーボンナノチューブに生じる特異な断面座屈挙動の分子動力学解析、土木学会論文集 A2, 査読有, Vol.73, pp.51-62, 2018.

10.2208/jscejam.74.51

Motohiro Sato, Akio Inoue, Hiroyuki Shima, Bamboo-inspired optimal design for functionally graded hollow cylinders, PLoS ONE, 査読有, Vol.12, e0175029\_01-14, 2017.

10.1371/journal.pone.0175029

Motohiro Sato, Shosuke Harasawa, Yoshiteru. Konishi, Toshiki Maruyama, Sung.-Jin. Park, Power law of critical buckling in structural members supported by a Winkler foundation, Journal of Mechanics, 査読有, Vol.33, No.3, pp.369-374, 2017.

<https://doi.org/10.1017/jmech.2016.112>

#### 〔学会発表〕(計 11 件)

小澤健吾、最外層に欠陥を有する多層カーボンナノチューブの多様な断面変形挙動、土木学会北海道支部平成 30 年度年次技術研究発表会、2019.

大谷祐貴、竹の維管束配列と曲げ応力の関係に関する理論的考察、土木学会北海道支部平成 30 年度年次技術研究発表会、2019.

橘 岳人、塔状構造物の限界高さに関する基礎的検討、土木学会北海道支部平成 30 年度年次技術研究発表会、2019.

松井力也、樹形の特性を記述する質点系動力学モデルの適用性について、土木学会北海道支部平成 30 年度年次技術研究発表会、2019.

鎌田弥成、Stone-Wales 欠陥がカーボンナノチューブの断面座屈挙動に及ぼす影響について、第 23 回計算工学講演会、2018.

Motohiro Sato, Mechanical strategies of wise "bamboo", South Lake Workshop in Bioinformatics and System Biology (招待講演), 2018.

Motohiro Sato, Learning from bamboo: Plant-mimetic design toward less material & high-stiffness structure, Engineering Department Structures Research Seminars, University of Cambridge, 2017.

佐藤太裕、曲げを受ける多層カーボンナノチューブの円筒シェルモデルによる座屈解析、第 22 回計算工学講演会、2017.

松山千春、未舗装道路で生じる波状起伏の自発形成メカニズム、日本物理学会第 72 回年次大会、2017.

Motohiro Sato, Supporting patterns of beam structures: Analogy between discrete and continuous supports, The 2016 World Congress on Advances in Civil, Environmental, and Materials Research (ACEM16), 2016.

Motohiro Sato, Learning from bamboo: Plant-mimetic design toward less material & high-stiffness structure, Joint Seminar on the Application of Nano materials in Civil Engineering (招待講演), 2016.

#### 〔図書〕(計 0 件)

#### 〔産業財産権〕

出願状況(計 0 件)

取得状況（計 0 件）

〔その他〕  
ホームページ等

## 6. 研究組織

研究協力者

〔主たる渡航先の主たる海外共同研究者〕

研究協力者氏名：Simon. D. Guest

ローマ字氏名：

所属研究機関名：University of Cambridge

部局名：Department of Engineering

職名：Professor

〔その他の研究協力者〕

研究協力者氏名：朴勝振

ローマ字氏名：S.-J. Park

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。