

【新学術領域研究（研究領域提案型）】 複合領域



研究領域名 ソフトロボット学の創成：機電・物質・生体情報の 有機的融合

東京工業大学・工学院・教授

すずもり こういち
鈴森 康一

研究課題番号：18H05465 研究者番号：00333451

【本領域の目的】

本領域では、生命現象のプラットフォームたる有機体に特有の「やわらかさ」に注目する。様々な分野で「やわらかさ」を共通項とした学術研究が同時多発的に起こっている。「かたいものからやわらかいものへ」という科学技術の国際的潮流は、人間を含む生き物に寄り添う科学技術への志向が背景にある。生物学・情報科学・物質科学・機械工学・電子工学を有機的に束ねるサイエンスは未踏の領域であり、融合が望まれている。やわらかさの導入は、新規学問体系の構築を伴う本質的な変革をもたらし、既存の学問分野では未だ酌み尽くされていない膨大な知見が開かれると考える。

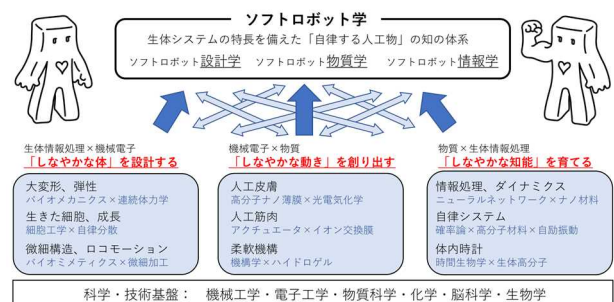
本提案では、生物の特長を備えた「生体システムの価値観に基づいた自律する人工物」を企図し、新たに「ソフトロボット」として定義する。生物の身体は、やわらかく、その形態と構造、仕組み、情報処理機構のどれをとっても現在の我々が構築し得る人工物とは根本的に性質を異にしている。我々は、このフロンティアを新学術領域「ソフトロボット学」と名付ける。各分野で起こっている新しい研究群を融合させ、ソフトロボット学の大きな学術的潮流を創り出すことが本領域の目的である。

【本領域の内容】

本領域は、生物の模倣再現にとどまらず、生物に学びつつも、生物を越えた人工物を射程に捉える。その体系は、「ソフトロボット設計学」、「ソフトロボット物質学」、そして「ソフトロボット情報学」で構成する。

「ソフトロボット設計学」では、メカトロニクスとバイオメカニクスの融合を図る。それによって「しなやかな体」のデザインを目指す。生きた細胞を取り込んだバイオハイブリッドデバイスも含まれる。「ソフトロボット物質学」は、これまで機械に使われたことのないスマートマテリアルによって「しなやかな動き」を作り出す。極限の柔らかさ・伸縮性を持つエレクトロニクスの実現、高分子材料を利用した生体筋肉に匹敵する人工筋肉、そして歯車などの従来の機構とは異なるソフトメカニズムが対象となる。「ソフトロボット情報学」は、ソフトウェアとハードウェアが不可分に結合した「しなやかな知能」を設計することを目指す。やわらかいマテリアルのダイナミクスを情報処理デバイスとして活用することで、これまでの情報処理デバイスの限界を突破することを目指す。また、やわらかい身体上に化学反応系を導入することで、自発活動を誘導し、周期運動や、化学的な体内時計を獲得させる。

以上の取組から得られた成果を統合・再構築することで、生体システムの価値観に基づいた「自律する人工物」の知の体系を構築する。



【期待される成果と意義】

従来出会うことのなかった、機械・電子工学、物質科学、情報科学、生物学の研究者の協働を通じて、次のような学術的成果が見込まれる。まず、生物界に見られる巧みなソフトメカニズムの原理解明と人工物による実現が挙げられる。材料の観点からは、機能性高分子材料と電気化学現象を利用したアクチュエータ・センサ・エネルギー源の新原理の提案がある。既存のロボティクスへの貢献としては、従来の剛体の力学にとどまらず、柔軟材料の非線形性や動的な大変形を取り扱う連続体の理論的枠組みの提供がある。また、機能性ハイドロゲルなどを用いたやわらかい機構学は新規性がある。情報処理技術としては、やわらかい身体の複雑な振る舞いが、半導体チップとは異なる計算資源として利用可能であることを、化学、生体高分子、非線形力学の枠組みから示す。

学術成果の社会還元としては、やわらかさによる安全性、生体親和性などを利用した様々な応用が考えられる。例えば、人間と共生できるソフトロボットは、高齢化社会における安全で知的な身体運動支援や、安全なモビリティの実現、違和感のない見守りロボットなどへの展開が見込まれる。

【キーワード】

ソフトロボット、ソフトアクチュエータ、ソフトメカニズム、フレキシブルセンサ、バイオハイブリッド、生体情報処理、脳型コンピューティング

【研究期間と研究経費】

平成 30 年度～34 年度
1,194,200 千円

【ホームページ等】

<http://softrobot.jp>

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



Title of Project : Science of Soft Robot:interdisciplinary integration of mechatronics, material science, and bio-computing

Koichi SUZUMORI

(Tokyo Institute of Technology, School of Engineering, Professor)

Research Project Number: 18H05465 Researcher Number: 00333451

[Purpose of the Research Project]

In this area, we focus on “softness” peculiar to organisms as the platform of life phenomena. In various fields, academic studies that refer to softness occur individually. The international trend of science and technology “from hard to soft” is the background toward science and technology that is close to human and living things. A science that organically bundles biology, information science, material science, and mechanical/electronic engineering is an unexplored area, and integration is desired. Introduction of softness brings an essential change accompanying the construction of a new academic area and we believe that a vast knowledge will be opened.

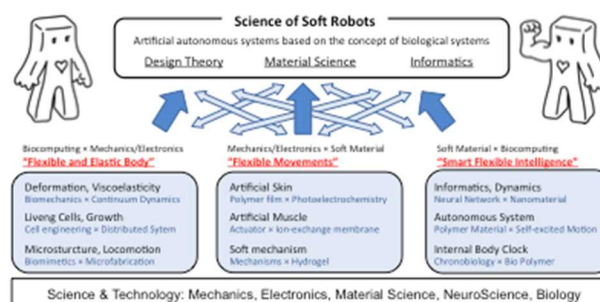
In this project, we propose “artificial autonomous systems based on the concept of biological systems” with the features of living organisms and define them as “soft robots” anew. The soft body of a living thing, its form, structure, mechanism, and information processing are fundamentally different from artificial things we can build at the present day. We call this frontier the new academic area “Science of Soft Robots.” The aim of this area is to integrate new academic challenges in each field and to create an active academic trend toward science of soft robots.

[Content of the Research Project]

The new academic area “Science of Soft Robots” not only imitates and reproduces organisms but also learns from living things, but also to learn from biological systems and to make artificial systems beyond living things. The framework consists of “soft robot design theory”, “soft robot material science”, and “soft robot informatics”.

Soft Robot Design Theory aims to blend mechatronics and biomechanics. It aims to allow flexible and elastic body. Also included is a biohybrid device incorporating living cells. Soft Robot Material Science creates flexible movements by smart material that has never been used on machines. We focus on soft mechanisms, electronics with extreme softness/elasticity, artificial muscle comparable to biological muscle using polymer material. Soft Robot Informatics aims to design smart and flexible intelligence in which software and hardware are inseparably combined. By utilizing the soft material dynamics as an information processing device, we aim to break through the limits of conventional information processing. In

addition, by introducing a chemical reaction system on a soft body, we obtain spontaneous periodic motion and chemical body clock.



[Expected Research Achievements and Scientific Significance]

Through collaboration among interdisciplinary researchers who have never before met, the following academic outcomes are expected. First of all, it is possible to reveal principles of skillful soft mechanisms found in the animals and realization by artificial systems. From the viewpoint of material science, we can provide new actuators, flexible sensors, and soft energy source utilizing a functional polymer material and an electrochemical phenomenon. As a contribution to robotics, it is possible to provide a theoretical framework of continuum dynamics that handles nonlinearity and large deformation of soft materials. It is also expected to have soft mechanics using a functional hydrogel. For information processing technology, we will show that soft behavior of complex body can be used as a computational resource different from semiconductor chip.

As a social return of academic outcomes, various applications utilizing safety due to softness, biocompatibility are conceivable. Soft robots that can coexist with humans are expected to develop into safe and intellectual physical exercise support in an aging society, realization of safe mobility, monitoring robots without discomfort.

[Key Words]

Soft Robot, Soft Actuator, Soft Mechanism, Flexible Sensor, Biohybrid, Biocomputing

[Term of Project] FY2018-2022

[Budget Allocation] 1,194,200 Thousand Yen

[Homepage Address and Other Contact Information]

<http://softrobot.jp>