

科学研究費助成事業「新学術領域研究（研究領域提案型）」 研究概要
〔令和2年度中間評価用〕

令和2年6月30日現在

機関番号：12608
領域設定期間：2018～2022
領域番号：18H05465
研究領域名（和文） 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
研究領域名（英文） Science of Soft Robot: interdisciplinary integration of mechatronics, material science, and bio-computing
領域代表者
鈴森 康一（すずもり こういち）
東京工業大学・工学院・教授
研究者番号：00333451
交付決定（予定）額（領域設定期間全体）：（直接経費）1,194,200,000円

研究の概要

従来のロボットは、金属製の硬い身体と緻密なプログラミングから構成され、産業界で大きな成果をおさめてきた。一方で、生き物であればごく簡単に行える、適応性が要求される日常的な動作が今のロボットではなかなか実現できないのも現実である。生体システムが持つ「やわらかさ」をとり入れることにより、いままでとは本質的に異なる新しいロボット学の一領域が拓けるのではないかと。

我が国には、各分野に「やわらかさ」に関する世界的な研究を進めるトップランナーたちがいる。本領域では、出会うはずのなかったこれら研究者を出合わせ、「やわらかさ」を目指す新興学術の種を融合する。従来のロボット学の中心であった機械工学、電気・電子工学、情報科学に加え、物質科学、生物学を強力に巻き込むことで、従来の価値観とは真逆とも言える新しい学術の潮流を「ソフトロボット学」という形で創り上げることを目指している。

研究分野：ソフトロボット学

キーワード：ソフトロボット、ソフトアクチュエータ、フレキシブルエレクトロニクス、ソフトマテリアル、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

1. 研究開始当初の背景

従来、科学技術はひたすら「パワー」と「確実性」を追い求めてきたとは言えないだろうか。パワフルで確実な動作を求めて機械も材料も「かたさ」を追求してきた。一方、近年、機械・電子、情報処理、材料科学、等、複数の異なった分野で、生体システムが持つ「やわらかさ」を指向する新興学術が同時多発的に生まれてきた。例えば、柔軟に変形する電子回路、状況に応じてフレキシブルに反応する人工知能、時間が経つと自然に戻る生分解性プラスチックである。「かたさ」から「やわらかさ」への変化が、この10年でいろいろな分野で勃発している。

これは偶然ではない。生体・人間中心へ傾向する科学技術の大きな流れが背景にあると我々は捉えている。「かたさ」から「やわらかさ」への大きな変化を代表する具体的存在として、われわれは「ソフトロボット学」を位置付けている。

ソフトロボットへの関心はこの10年で世界的に急速に高まってきた。ソフトロボットに関する学術論文数は2010年以降指数関数的に増加している。EUやUSでも大型予算を使ったソフトロボットに関するプロジェクトが行われている。

わが国では、古くから「やわらかさ」に関する研究が世界に先んじて進められてきた。例えば、ロボット工学ではソフトアクチュエータや柔軟メカニズム、材料分野では機能性ポリマアクチュエータやハイドロゲル、電子デバイス分野ではフレキシブルエレクトロニクスなど、世界をリードする先駆的な研究が行われている。

2. 研究の目的

従来のロボット学の中心であった機械工学、電気・電子工学、情報科学に加え、物質科学、生

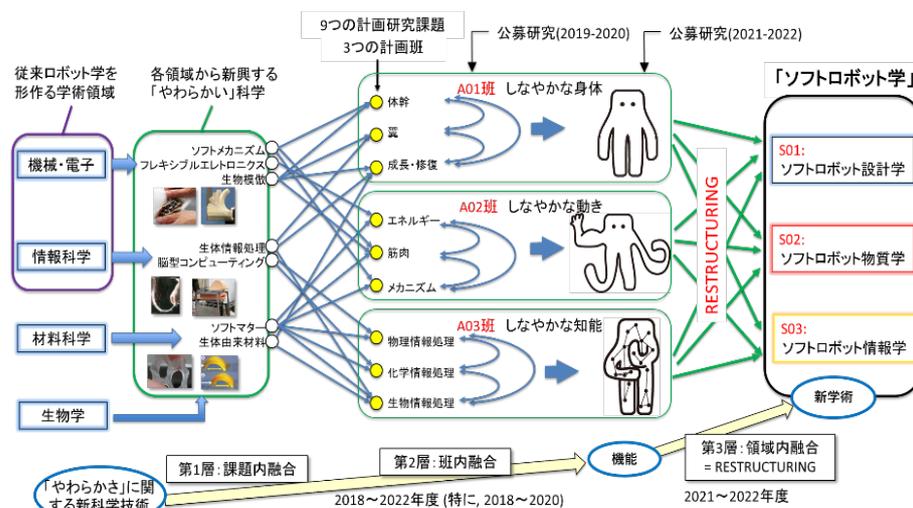
物理学を強力に組織的に巻き込むことで、従来の価値観とは真逆とも言える新しい学術「ソフトロボット学」を創り上げたい。わが国には各分野に「やわらかさ」に関する世界的な研究を進めるトップランナーたちがいる。本領域では、出会うはずのなかったこれら研究者を出合わせ、「やわらかさ」を目指す新興学術の種を融合する。ソフトロボット学とは、従来の人工物・機械に関する「堅い」価値観・方法論とは大きく異なる、生体システムに価値観に基づく「しなやかで自立する人工物に関する知の体系」と言える。

領域終了時に期待される最大の成果は、ソフトロボット設計学、同、物質学、同、情報学の3つの柱からなる「ソフトロボット学」の創成と体系化である。また、これにあわせて、国際的に本分野をリードしうる優れた研究成果創出と若手人材育成、我が国がリードする国際的な学術ネットワークの構築、アウトリーチ活動、産業界との連携による実用化への道筋検討、等の具体的目標を掲げている。

3. 研究の方法

異分野融合を強力に推進し「ソフトロボット学」としてまとめ上げる施策の一つとして「三層構造異分野融合推進」と呼ぶ研究体制をとっている。

第1層目は課題内融合である。本領域では各計画研究課題自体を異分野の研究者が連携する形で構想し、異分野融合を強力に目指す研究課題とした。第2層は研究班内の異分野融合である。3つの研究班にそれぞれ3つ



の計画研究課題を設置し、さらにここに各公募研究課題をマッチングさせ、それぞれがしなやかな身体(A01)、動き(A02)、知能(A03)を追求する研究推進体制をとっている。

上記の第1～2層は初年度から3年目にかけて実施する。後半2年は restructuring を行い、3つの研究班 A01,A02,A03 の活動と並行して、ソフトロボット設計学(S01)、物質学(S02)、情報学(S03)の活動を組織し、これら3つの「学」を柱とした「ソフトロボット学」の体系化を行う。

総括班内には人材育成、国際連携、広報等の担当を設け、領域が一体となって成果をあげられるように様々な施策を実施している。例えば、若手研究者の在外研究支援(スーパー若手人材育成)、国際シンポジウムや海外セミナー(海外で開催し成果を PR)の企画・実施、関連学会や団体との連携、等、積極的に実施する。

4. 研究の進展状況及び成果

研究推進、領域運営とも、当初の計画通り(一部は当初の計画以上に)順調に進んでいる。これまでの約2年の領域活動により、本領域は、海外の大型プロジェクトと並び、ソフトロボット研究に関するわが国の最重要施策の一つと世界的にも位置付けられるようになった。

本領域活動の核の一つは異分野融合にある。初年度～3年度に計画した第1層と第2層の融合は当初の計画どおり進み、多くの学術論文、学術賞受賞、等の具体的成果が順調に生まれている。特に力説したいのは、計画研究課題に関してはその成果の大部分が、第1層または第2層、あるいは一部は第3層の異分野融合により生まれた成果である点である。特に、動物学と工学の融合分野では多数の成果が生まれている。また、2019年度より参加した公募研究課題の一部も、既に領域内での融合の成果に結びつきだしている。このように、当初計画した「三層構造異分野融合推進」は極めて効果的に機能している。

また、総括班による他の領域運営に関しても順調に機能している。東京工業大学と大阪大学に

それぞれ設けた共有研究拠点では、大勢の研究者が参加して設備を有効に活用しているとともに、所属機関を超えた研究者の連携と情報交換の場にもなっている。その他、人材育成、若手研究者の海外派遣、国際シンポジウム開催、等も活発に行ってきた。

5. 今後の研究計画

2021年度からは新しい公募研究課題も取り入れ、いよいよ第3層「領域内融合」restructuringに突入する。個別の研究推進はもとより、領域全体をあげて、ソフトロボット学創成に向けた活動を一挙に加速する。第3層では、これまでの研究成果を一般化、整理し、「S01:ソフトロボット設計学」、「S02:ソフトロボット物質学」、「S03:ソフトロボット情報学」の3つの柱からなる「ソフトロボット学」という新しい学術の形に世界に先駆けてまとめあげる。本領域ではこの大目標を領域内でわかりやすく共有するために、領域終了時に世界標準となるソフトロボット学の専門テキストを完成させ、和洋2つの版を同時上梓する、という具体的目標を掲げている。この具体的目標を全研究者が共有し、領域が一体となって目指すことで、大目標である「ソフトロボット学」創成が効果的に達成できると考えている。

これまでの国際シンポジウムに加えて、2020年度からは「海外セミナー」を毎年1~2回開催する。欧州、北米、アジア各国に本領域の研究者を派遣し、現地の研究機関と共同で行うセミナーで、本領域の研究活動のPRおよび、国際ネットワークのさらなる強化につなげる。また、関連団体(新学術領域「発動分子学」、日本ロボット学会、IEEE、OPERA、産業界、等)と連携して、研究のさらなる展開とアウトリーチ活動を行う。また、通称「国内外武者修行(若手の他機関での研究)」、「若手が吠える会(大勢の研究者の前で持論を展開するワークショップ)」、「若手自主勉協会(実践的なノウハウや知識を教えあう)」といった施策を引き続き継続し、若手人材育成に努める。

6. 主な発表論文等(受賞等を含む)

H. Mochiyama, A Basic Idea of Identifying the Stiffness of an Elastic Rod along Its Backbone, 30th International Symposium on Micro-NanoMechatronics and Human Science (MHS), pp. 132-135, 2019.

H. Tanaka, G. Li, Y. Uchida, M. Nakamura, T. Ikeda, and H. Liu, "Measurement of time-varying kinematics of a dolphin in burst accelerating swimming", PLoS ONE, 14, e0210860, 2019.

Y. Tanaka, S. Funano, Y. Noguchi, Y. Yalikul and N. Kamamichi, A valve powered by earthworm muscle with both electrical and 100% chemical control, Scientific Reports, 9, 2019.

K. Yamagishi, T. Nakanishi, S. Mihara, M. Azuma, S. Takeoka, K. Kanosue, T. Nagami, and T. Fujie, Elastic kirigami patch for electromyographic analysis of the palm muscle during baseball pitching, NPG Asia Materials, 11, 80, 2019.

H. Kimura, K. Fukuda, H. Jinno, S. Park, M. Saito, I. Osaka, K. Takimiya, S. Umezu, and T. Someya, High Operation Stability of Ultraflexible Organic Solar Cells with Ultraviolet-Filtering Substrates, Advanced Materials, 31, 1808033, 2019.

A. Kodaira, K. Asaka, T. Horiuchi, G. Endo, H. Nabae, K. Suzumori, IPMC Monolithic Thin Film Robots Fabricated through a Multi-Layer Casting Process", IEEE Robotics and Automation Letters, 4(2), pp. 1335-1342, 2019.

K. Tadakuma, T. Takayashi, N. Hookabe, M. Watanabe, Y. Ozawa, T. Shimizu, E. Takane, H. Kajihara, T. Yamazaki, M. Konyo and S. Tadokoro, Nemertea Proboscis Inspired Extendable Mechanism, Proc. IEEE MHS2019, [Best Paper Award 受賞]

K. Wakamatsu, K. Inoue, D. Hagiwara, H. Adachi, D. Matsui, S. Kurumaya, R. Nishihama, M. Okui, K. Nakajima, Y. Kuniyoshi, and T. Nakamura, Mixing State Estimation of Peristaltic Continuous Mixing Conveyor with Distributed Sensing System Based on Soft Intestine Motion Proc. IEEE Robosoft 2020.

M. Komatsu, T. Yaguchi, and K. Nakajima, Algebraic approach towards the exploitation of "softness": the input-output equation for morphological computation", The International Journal of Robotics Research, 2020

V. Caccuciolo, J. Shintake, Y. Kuwajima, S. Maeda, D. Floreano, and H. Shea, Stretchable pumps for soft machines, Nature, 572, pp. 516-519.

T. Sugi, H. Ito, M. Nishimura, and KH. Nagai, C. elegans collectively forms dynamical networks, Nature Communications, 10, 683, 2019.

その他受賞:

福田憲二郎, 平成31年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞

新竹純, 令和2年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞

望山洋, Dying Robots, Wired Creative Hack Award 2019 特別賞

鈴木康一, ソフトロボット学の牽引, 学術業績賞, 計測自動制御学会 SI 部門, 2018.12

ホームページ等
<http://softrobot.jp/>